



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Proyecto de instalación de Energía Solar Térmica para producción de agua caliente sanitaria en edificio de 12 viviendas

Titulación: Ingeniería Técnica
de Telecomunicaciones

Intensificación: Telemática

Alumno: Juan Llorente
Castelo

Directora: Maria Francisca
Rosique Contreras

Cartagena 14 de Junio de 2012

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este PFC en primer lugar a mi familia, por darme la oportunidad de formarme intelectualmente y como persona, por insistir en que podía ser ingeniero pese a mis dudas de que la universidad estuviera hecha para mí. A mis padres por haberme dado la vida en esta preciosa ciudad que es Cartagena y de la que tan orgulloso me siento. A mi hermana, por soportarme todos estos años de carrera en los que si cabe, me he ido volviendo un poco más “chiflado”. A mis abuelos Salvador y Vicente, que desde donde estén, seguro me han dado fuerzas para alcanzar mis metas.

En segundo lugar a mi futura esposa, Valme, que está a mi lado día a día apoyándome y haciéndome creer que soy una excelente persona. Gracias por aguantar mis locuras y mi mal humor en épocas de exámenes y por celebrar tanto como yo mis éxitos. Gracias por tu incondicional amor.

También hacer especial referencia a Javi, mi primo, mejor amigo, compañero, hermano. Hemos vivido muchas cosas juntos, primero en el colegio, después en el instituto y por último en la universidad, compartiendo carrera. Muchas tardes de prácticas programando y muchos días metidos en la biblioteca, pero siempre con tu inigualable sentido del humor de ver la vida. Gracias por ser como eres.

También me gustaría hacer mención de Pedro, amigo y compañero de batallas. Aún recuerdo esos veranos de meriendas y horas y más horas de Cálculo y Redes. Gracias por tu desinteresada ayuda en el mundo de la programación y por ser tan buena persona.

Por último agradecer a Paqui, mi tutora de este PFC, su ayuda y comprensión favoreciendo mis intereses. Gracias por enseñarme Java como nadie y por apoyarme en este proyecto. Enhorabuena por ese CUM LAUDE en tu tesis, te lo mereces.

Gracias a todos de corazón, sin vuestro apoyo hoy no sería ingeniero técnico de telecomunicación.



Universidad Politécnica de Cartagena

Autor	Juan Llorente Castelo
Email Autor	juaniko1985@gmail.com
Directora	Maria Francisca Rosique Contreras
Email Directora	paqui.rosique@upct.es
Título del Proyecto Fin de Carrera	Proyecto de instalación de Energía Solar Térmica para producción de agua caliente sanitaria en edificio de 12 viviendas
Resumen	Estudio y desarrollo de una instalación de energía solar térmica para dotar de agua caliente sanitaria a una edificación constituida por 12 viviendas, incluyendo todos los cálculos necesarios así como el presupuesto económico
Titulación	Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especialidad Telemática
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Fecha de presentación	



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1. ENERGÍA SOLAR	11
1.2. PRESENTE Y FUTURO	13
CAPÍTULO 2: MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	17
CAPÍTULO 3: EDIFICACIÓN INTERVENIDA	18
CAPÍTULO 4: ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR	19
4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS	19
4.2. SUBCONJUNTO DE CAPTACIÓN	20
4.3. SUBCONJUNTO DE ALMACENAMIENTO	26
4.4. SUBCONJUNTO DE TERMOTRANSFERENCIA	27
4.5. SUBCONJUNTO DE ENERGÍA DE APOYO	28
4.6. SUBCONJUNTO DE REGULACIÓN Y CONTROL	29
CAPÍTULO 5: PROCESO DE DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR	31
5.1. GENERALIDADES EXIGENCIA HE-4	31
5.2. OBTENCIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA	32
5.3. CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE DISEÑO	35
5.3.1. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	35
5.3.2. ZONA CLIMÁTICA	37
5.4. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA	39
5.4.1. REQUISITOS GENERALES	39
5.4.2. FLUIDO DE TRABAJO	40
5.4.3. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS	41



5.4.4. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTOS Y QUEMADURAS	41
5.4.5. RESISTENCIA A PRESIÓN Y PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO	41
5.5. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	42
5.5.1. DIMENSIONADO BÁSICO	42
5.5.2. MÉTODO DE CÁLCULO RECOMENDADO	42
5.5.3. CÁLCULOS Y BALANCE ENERGÉTICO	46
5.5.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	49
5.5.5. VASOS DE EXPANSIÓN	51
5.5.6. SISTEMA DE CONTROL	51
CAPÍTULO 6: PLIEGO DE CONDICIONES	53
6.1. REQUISITOS GENERALES	53
6.1.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	53
6.1.2. GENERALIDADES	53
6.1.3. REQUISITOS GENERALES	54
6.2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	58
6.2.1. DIMENSIONADO Y CÁLCULO	58
6.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	61
6.2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR	64
6.2.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO	67
6.2.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	67
6.2.6. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL	69
6.2.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR	69



6.2.8. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	71
6.2.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	72
6.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN	72
6.3.1. INTRODUCCIÓN	72
6.3.2. PROCEDIMIENTO	73
6.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR LAS SOMBRAS	74
6.4.1. INTRODUCCIÓN	74
6.4.2. PROCEDIMIENTO	74
6.4.3. TABLAS DE REFERENCIA	76
6.5. CONDICIONES DE MONTAJE	78
6.5.1. GENERALIDADES	78
6.5.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES	79
6.5.3. MONTAJE DE ACUMULADOR	80
6.5.4. MONTAJE DE INTERCAMBIADOR	80
6.5.5. MONTAJE DE BOMBA	80
6.5.6. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	81
6.5.7. MONTAJE DE AISLAMIENTO	83
6.5.8. MONTAJE DE CONTADORES	83
6.5.9. MONTAJE DE INSTALACIONES POR CIRCULACIÓN NATURAL	84
6.6. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO .	84
6.6.1. GENERALIDADES	84
6.6.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	85
6.6.3. GARANTÍAS	88



6.7. NORMATIVA VIGENTE SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	90
6.7.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN	90
6.7.2. RIESGOS GENERALES QUE SE PUEDEN DERIVAR DEL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	91
6.7.3. MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	92
CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN	95
7.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN	95
7.2. SISTEMA DE ACUMULACIÓN	95
7.3. SISTEMA DE CONTROL	95
7.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	96
7.5. SISTEMA DE CIRCULACIÓN	96
7.6. MATERIAL AISLANTE	97
7.7. PRESUPUESTO TOTAL	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXO: PLANOS	99



Figura 1: Evolución de las emisiones de gases efecto invernadero en España	14
Figura 2: Reservas mundiales de los combustibles fósiles	14
Figura 3: Consumo de energía primaria en 2007	15
Figura 4: Estructura de la generación eléctrica en 2007	16
Figura 5: Efecto invernadero en el seno del colector	21
Figura 6: Curvas de rendimiento de distintos tipos de colectores	24
Figura 7: Conexión en serie	25
Figura 8: Conexión en paralelo	25
Figura 9: Esquema de conexionado conocido como “retorno invertido”	25
Figura 10: Estratificación de agua en el acumulador	26
Figura 11: Sistemas directo (a) e indirecto (b)	27
Figura 12: Regulación por termostato diferencial actuando sobre bomba	29
Figura 13: Zonas climáticas	38
Figura 14: Gráfica de producción	48
Figura 15: Sistema de control	52
Figura 16: Tipos de conexionado. (a) Serie. (b) Paralelo. (c) Serie-Paralelo	63
Figura 17: Conexión acumuladores (a) Conexión en serie invertida (b) Conexión en paralelo	65
Figura 18: Ángulo de Inclinación	73
Figura 19: Ángulo de azimut	73
Figura 20: Porcentaje de energía respecto al máximo debido a pérdidas por orientación e inclinación	74
Figura 21: Diagrama de trayectorias del Sol	75



Tabla 1: Ocupación de un edificio de viviendas multifamiliares	18
Tabla 2: Ocupación de nuestra edificación	18
Tabla 3: Contribución solar mínima en %. Caso General	32
Tabla 4: Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule	33
Tabla 5: Pérdidas límite	34
Tabla 6: Demanda de referencia a 60°C	35
Tabla 7: Límites de Radiación Solar Global	37
Tabla 8: Zonas climáticas de municipios de la Región de Murcia	38
Tabla 9: Consumo y contribución solar	39
Tabla 10: Datos geográficos y climatológicos	46
Tabla 11: Datos relativos a necesidades energéticas	46
Tabla 12: Datos relativos al sistema	47
Tabla 13: Cálculo energético	47
Tabla 14: Datos de salida	48
Tabla 15: Balance energético	49
Tabla 16: Secciones de tuberías de la instalación	50
Tabla 17: Límite de pérdidas	61
Tabla 18: Tablas de referencia (18.A, 18.B, 18.C, 18.D, 18.E, 18.F, 18.G, 18.H, 18.I, 18.J, 18.K)	76
Tabla 19: Plan de vigilancia	85
Tabla 20: Plan de mantenimiento (20.A, 20.B, 20.C, 20.D, 20.E, 20.F)	86



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ENERGÍA SOLAR

El continuo aumento del consumo energético en el mundo derivado de un extraordinario crecimiento de la población mundial, junto al crecimiento del consumo “per cápita” de estos recursos obliga a una constante búsqueda de nuevos recursos energéticos que puedan satisfacer dicha demanda, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativos o de diversidad.

Aunque existen muchas alternativas energéticas, algunas de ellas no han sido aún suficientemente utilizadas, bien por limitaciones técnicas o económicas, y otras apenas se han desarrollado o lo han hecho sólo parcialmente. De hecho, la mayor parte de la energía se obtiene a partir de los llamados combustibles fósiles, compuestos principalmente por el petróleo y sus derivados (gasolina, gasoil, keroseno, fuel oil, etc.), el gas natural y el carbón.

Si bien, al comienzo de su explotación, estos recursos se consideraban ilimitados y el impacto ambiental era despreciable, actualmente estas consideraciones han cambiado radicalmente, principalmente debido a que el aumento de la demanda energética se produce con tal intensidad que cada vez resulta más difícil encontrar y explotar yacimientos de estos combustibles. Además, el consumo masivo de hidrocarburos está produciendo alteraciones medioambientales a nivel mundial debido a las numerosas emisiones que provocan.

Los recursos energéticos son usados por el ser humano para satisfacer algunas de sus necesidades básicas en forma de calor y trabajo. El calor es necesario para aplicaciones como la climatización de espacios, la cocción de alimentos o la producción y transformación de algunos compuestos químicos. El trabajo, se utiliza para una variedad de procesos en los que hay que vencer fuerzas de oposición, como para levantar una masa en un campo gravitacional, deformar un cuerpo o hacer fluir un líquido o gas.

Calor y trabajo, son por lo tanto dos necesidades básicas en el hacer diario del ser humano. Pero para una perfecta sintonización entre tecnología y naturaleza es necesario, como hemos dicho, el desarrollar otras fuentes energéticas que sean menos agresivas contra el medio ambiente.

De entre las posibles alternativas nos vamos a centrar en este proyecto a la obtenida directamente del Sol. El Sol, desde nuestro punto de vista energético, es una inmensa esfera de gases a muy alta temperatura, con un diámetro de $1.39 \cdot 10^9 m$, situado a una distancia media de $1.5 \cdot 10^{11} m$ respecto de la Tierra. El origen de la energía que el Sol produce e irradia está en las reacciones nucleares que se producen continuamente en su interior, de forma que los átomos de Hidrógeno se fusionan entre sí formando átomos de Helio, o reacciones entre átomos de Helio y/o Helio-Hidrógeno. Estas reacciones hacen que una pequeña cantidad de materia o defecto de masa se convierta en energía de acuerdo con la ecuación $E=mc^2$, donde E es la cantidad de energía liberada cuando desaparece la masa m y c es la velocidad de la luz. La cantidad de energía que transmite el Sol en un segundo es del orden $4 \cdot 10^{26} J$.



Aunque la temperatura en el interior del Sol se estima que es del orden de 10^7 K , en su superficie externa la temperatura “efectiva de cuerpo negro” es de unos 5900 K . Esto significa que la emisión de radiación de un cuerpo negro ideal que se encontrara a 5900 K sería muy parecida a la del Sol.

La mayor parte de esas ondas electromagnéticas (fotones) emitidas por el Sol tienen una longitud de onda comprendida entre $0.3\text{ }\mu\text{m}$ y $3\text{ }\mu\text{m}$, aunque solamente las que van desde $0.4\text{ }\mu\text{m}$ a $0.7\text{ }\mu\text{m}$ son susceptibles de ser captadas por el ojo humano, formando lo que se conoce como “luz visible”.

Al extenderse por el espacio en todas direcciones, la energía radiante del Sol se reparte según una esfera ficticia, cuyo centro es el Sol y cuyo radio crece a la misma velocidad que la propia radiación. Por lo tanto, la intensidad en un punto de dicha superficie esférica, al repartirse la energía solar sobre un área cada vez mayor, será tanto más pequeña cuanto mayor sea el radio de la misma. El valor aproximado de esta intensidad a la distancia que se encuentra nuestro planeta del Sol se conoce como constante solar y tiene un valor de 1367 w/m^2 . Lo cierto es que la constante solar sufre ligeras variaciones debido a que la distancia entre la Tierra y el Sol no es rigurosamente constante, ya que la órbita terrestre no es circular sino elíptica.

La capa atmosférica supone un obstáculo al libre paso de la radiación mediante diversos efectos, entre los que cabe destacar la reflexión en la parte superior de las nubes y la absorción parcial por las diferentes moléculas del aire. Esto hace que la intensidad que llega a la superficie, incluso en días claros y con la atmósfera muy limpia, rara vez supere los 1000 w/m^2 .

También es de destacar que aunque los rayos solares se trasladen en línea recta, los fotones al llegar a la atmósfera sufren difusiones y dispersiones. Esta luz difundida finalmente llega también a la superficie, y al haber cambiado muchas veces de dirección al atravesar la atmósfera, lo hace como si proviniese de toda la bóveda celeste. A esta radiación se la conoce con el nombre de “radiación difusa”. Para nuestro caso particular deberemos considerar la suma de la radiación difusa y la radiación directa, formando así la radiación total. La radiación difusa supone aproximadamente un tercio de la radiación total que se recibe a lo largo del año.

Nuestro objetivo es aprovechar al máximo los efectos físicos de la radiación, adecuando los dispositivos de captación de la misma a fin de obtener la energía en la forma que se precise para cada necesidad. Dos de los aprovechamientos más extendidos se refieren a la conversión de la radiación solar en energía térmica o fotovoltaica. En este proyecto nos vamos a centrar en el primer término, tratando de captar con colectores solares planos la máxima radiación solar para la producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas.

La razón por la que la producción de agua caliente sanitaria por medio de energía solar es la aplicación que mejor se adapta a las características de la misma, se debe a que el rango de temperaturas que son necesarias alcanzar, entre 40°C y 60°C , coincide con las de mayor eficacia de los colectores solares. Además es una necesidad que debe ser satisfecha durante los doce meses del año, por lo que la inversión en el



sistema se rentabilizará más rápidamente que en el caso de aplicaciones estacionales, como puede ser la calefacción en invierno o el calentamiento de piscinas en verano.

Dado que el aprovechamiento de la energía solar para este fin es una posibilidad bastante atractiva, es por lo que se ha realizado este proyecto de aprovechamiento de dicha energía para el calentamiento de agua sanitaria.

1.2. PRESENTE Y FUTURO

Desde la primera revolución industrial la sociedad mundial no ha dejado de evolucionar y crecer, abandonando el uso de la mano de obra como fuente de energía, pasando a emplear fuentes de energía más efectivas. La fuerte industrialización de los países y el crecimiento demográfico, han llevado a un uso desmesurado de los recursos con el fin de obtener y mantener fuentes de energía, sirviendo como botón de muestra los siguientes datos:

- La población mundial ha pasado de 3000 millones de habitantes hace 70 años a tener 6840 millones en la actualidad, esperando llegar a los 9000 millones en el año 2050.
- El PIB mundial ha pasado de 4 billones de euros en el año 1950 a los 63 billones en la actualidad.

En contraste con este crecimiento económico y demográfico desmesurado, el medio ambiente se ha deteriorado. Estas tendencias alteran nuestra relación con dicho medio, provocando daños irreparables en muchos casos. Pero algo que sigue siendo inalterable es nuestra relación de dependencia hacia nuestro entorno y sus recursos. Y son los recursos naturales los que sustentan nuestras sociedades y economías, por lo que hay que encaminarse hacia un futuro de mayor respeto medio ambiental que no impida el incesante crecimiento.

Ante los evidentes casos de deterioro del medio, en 1997 se firmó el protocolo de Kioto, que establece un calendario de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en función de las emisiones de cada país. La Unión Europea en su conjunto debe reducirlas en un 8% en 2012 respecto a las emisiones de 1990. El caso de España en este aspecto es preocupante, ya que se encuentra lejos de cumplir tal objetivo debido a que sólo en el año 2006 consiguió reducir las emisiones.

Otro de los factores claves en el entorno energético actual, a parte de los efectos medioambientales, es la disponibilidad de los recursos, lo cuál afecta directamente al desarrollo de las naciones.

La gran dependencia actual de los combustibles fósiles se está viendo en peligro debido al incremento del consumo de dichos combustibles, su escasez y agotamiento como recurso, dificultad de extracción así como la problemática política que genera, está conllevando un cambio en la gestión de la energía en la sociedad que cada vez se encamina más a un consumo más racional y hacia otras fuentes de energía.

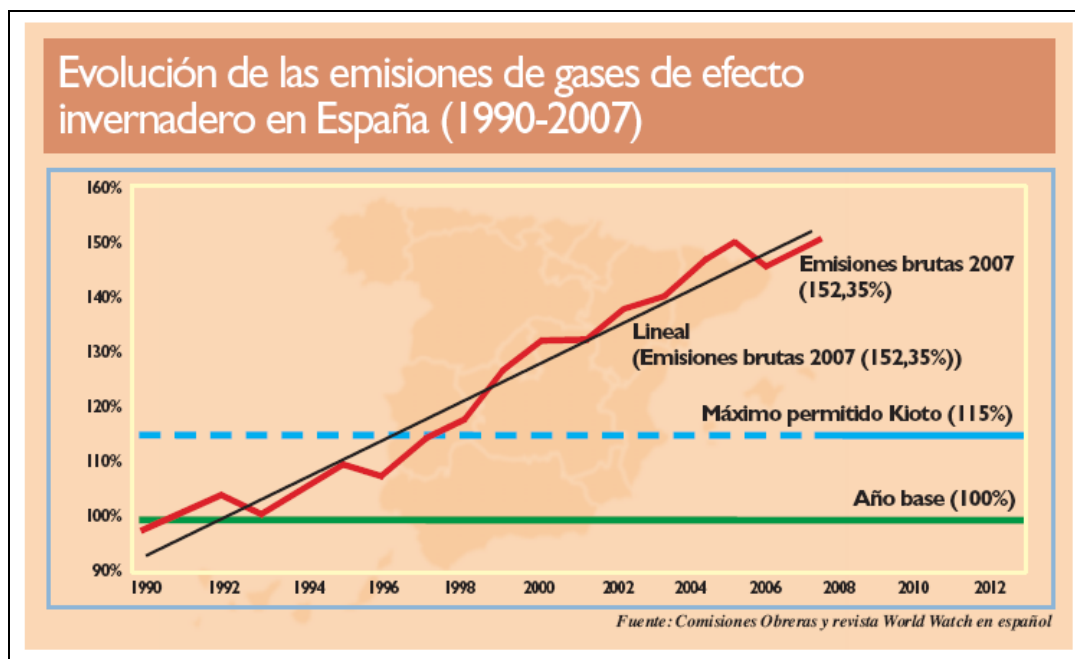


Figura 1: Evolución de las emisiones de gases efecto invernadero en España

No son pocas las voces que empiezan a avanzar una gran crisis mundial debido a esta dependencia, en vistas a un agotamiento prematuro de los recursos de las fuentes de origen fósil. Por tanto, se hace más acuciante la necesidad de enfocar el desarrollo tecnológico hacia fuentes menos contaminantes y con menor dependencia del exterior.

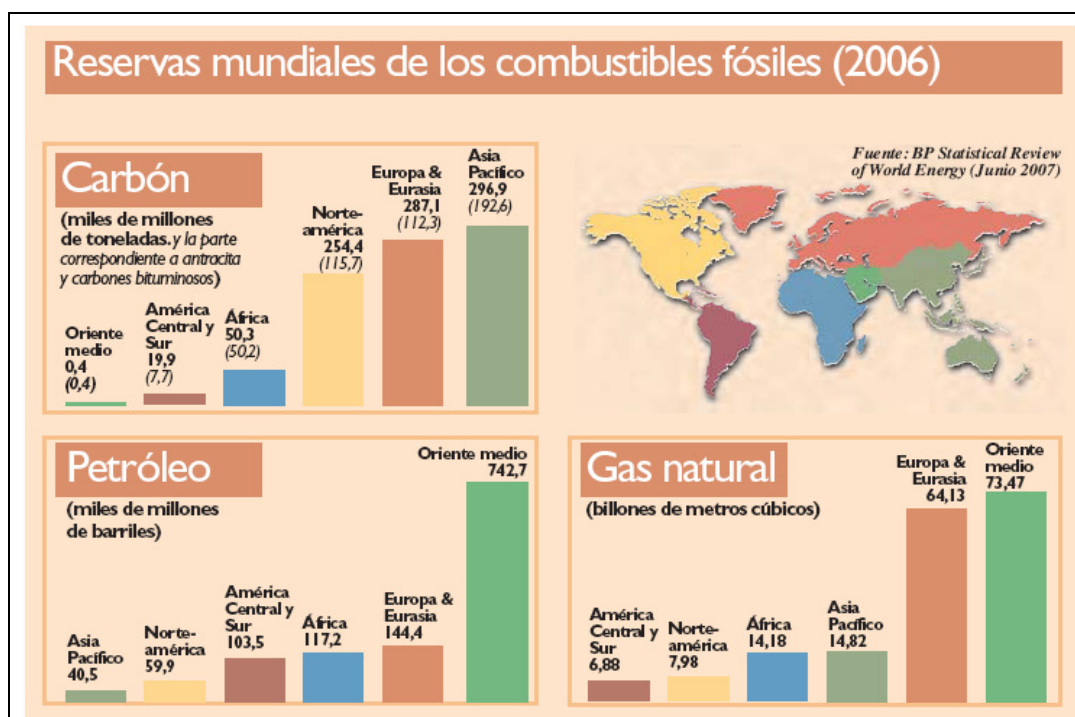


Figura 2: Reservas mundiales de los combustibles fósiles



Esta problemática de disponibilidad y dependencia hacia los recursos fósiles, en el caso de España, se convierte en un gran “handicap” al tener una gran dependencia del exterior. Esta dependencia energética del exterior se cifra según el Ministerio de Industria en un 85%, ya que España carece de combustibles fósiles.

Tanto desde un punto de vista internacional como desde el punto de vista nacional, es claramente necesaria una fuerte apuesta por las energías renovables, que en gran medida reducirían las emisiones de agentes nocivos al medio ambiente así como la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles.

Esto cobra aún más interés en países con escasos recursos energéticos como es España, país que sí posee abundantes recursos energéticos y renovables como son la energía eólica y la energía solar. Esta iniciativa hacia un mayor aprovechamiento de estas energías queda claro en datos del Ministerio de Industria, donde se detalla que ya en el año 2007 casi el 20% de la electricidad consumida fue de origen renovable, aunque ya se está llevando a cabo un plan energético de cara al período 2010-2020 el cuál busca incrementar dicha producción en un 8%.

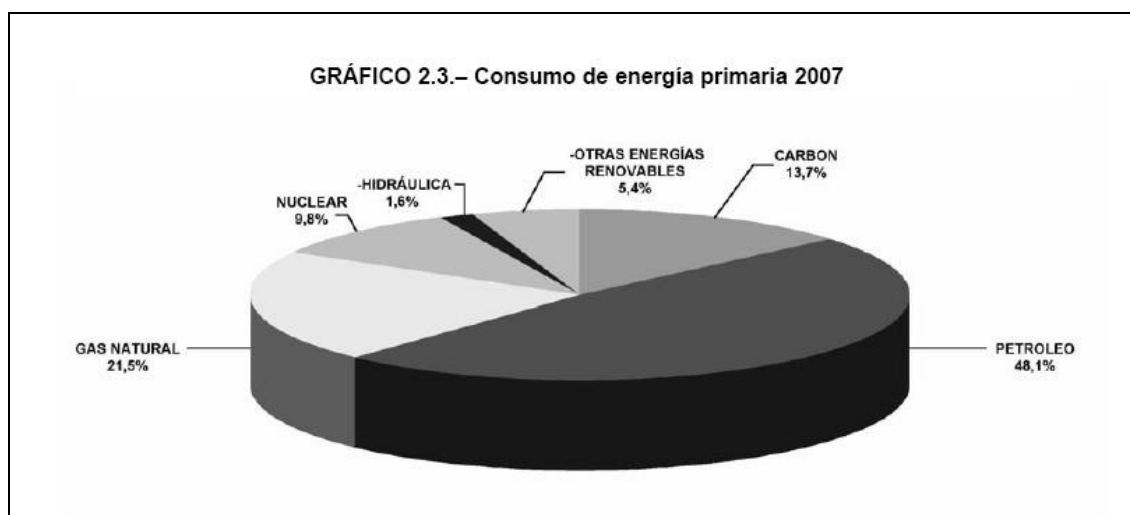


Figura 3: Consumo de energía primaria en 2007

Actualmente, dentro del abanico de energías renovables empleadas en España, la hidroeléctrica es la de mayor importancia, seguida por la energía eólica y en menor importancia la biomasa y la fotovoltaica, entre otras.

Desde un punto de vista más cercano al consumo de energía doméstico, el aprovechamiento de la energía solar se está convirtiendo en una gran fuente de ahorro, tanto en forma de emisiones como económicamente. Cada vez es más común encontrar en nuestro entorno colectores solares, encargados de captar y aprovechar al máximo la radiación proveniente del Sol. Este aprovechamiento va encaminado a transformar dicha energía en energía térmica o fotovoltaica.

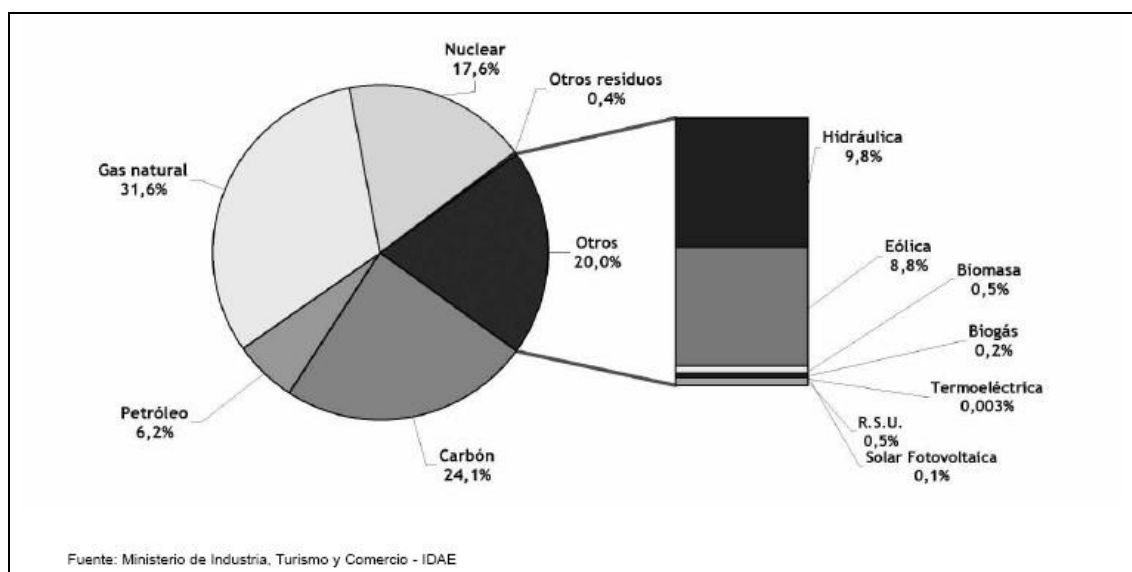


Figura 4: Estructura de la generación eléctrica en España en 2007

La que nos ocupa en este proyecto es la energía solar térmica que busca absorber la energía proveniente de la radiación solar a través de los ya mencionados paneles solares, transmitiendo la energía a un fluido calo portador que a través de una serie de etapas de intercambio energético permitirá aportar agua caliente sanitaria. En este aspecto España podría convertirse en una potencia en el aprovechamiento de esta fuente de energía natural debido a sus condiciones climáticas y su situación geográfica.

A lo largo de este proyecto se buscará demostrar la eficiencia y efectividad de este tipo de instalaciones y las posibilidades que estas nuevas tecnologías pueden aportar desde el punto de vista económico, de impacto medio ambiental y de dependencia de otras fuentes más problemáticas.



CAPÍTULO 2: MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

La motivación clara que me lleva a abordar un proyecto de estas características no es otra que la colaboración con el medio ambiente e introducirme en un mundo que podría llamar “desconocido” para mí, pero a su vez interesante de cara a un futuro laboral inmediato. Actualmente en la Región de Murcia, el aprovechamiento de la Energía Solar está en auge gracias a las condiciones climatológicas que posee dicha zona. Es por ello, que en estos tiempos de “crisis económica” he optado por este camino, el cuál me pueda ayudar a hacerme un hueco en el mundo laboral.

Por otro lado, el objetivo que se pretende alcanzar con este proyecto es dotar de una instalación de Energía Solar Térmica para el abastecimiento de agua caliente sanitaria a una edificación; por lo que su distribución a las viviendas no viene reflejada en el mismo.

Se realiza el diseño de una instalación de Energía Solar, para dar previsión de demanda de agua caliente sanitaria o climatización de piscina cubierta, en los casos que así se establezca en este Código Técnico de Edificación (*Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía: HE-4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*). Una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.

Número de colectores:	10
Área colectores [m ²]:	18,70
Inclinación [°]:	20
Volumen de acumulación [L]:	1000



CAPÍTULO 3: EDIFICACIÓN INTERVENIDA

El edificio objeto del presente proyecto está situado en la localidad de Alcantarilla (Murcia), es de uso residencial y está constituido por 12 viviendas multifamiliares. Como se puede ver en los planos anexos el edificio está constituido por una planta sótano con garajes, una planta baja, tres plantas tipo, una planta de trasteros y por último la planta de cubierta dónde irán ubicados los colectores.

La distribución de las viviendas del edificio será la siguiente:

- Planta Primera: cuatro viviendas de tres dormitorios.
- Planta Segunda: cuatro viviendas de tres dormitorios.
- Planta Tercera: cuatro viviendas de tres dormitorios.

Una vez determinadas las viviendas, podemos hacer el cálculo de la ocupación que tendrá el edificio. Según establece el Código Técnico de la Edificación (CTE) en su apartado HE-4, la ocupación de un edificio de viviendas multifamiliares se estima mediante la siguiente tabla:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Tabla 1: Ocupación de un edificio de viviendas multifamiliares

Por lo tanto, la ocupación de nuestro edificio será:

VIVIENDAS	Dormitorios	Usuarios
A_Planta 1º	3	4
B_Planta 1º	3	4
C_Planta 1º	3	4
D_Planta 1º	3	4
A_Planta 2º	3	4
B_Planta 2º	3	4
C_Planta 2º	3	4
D_Planta 2º	3	4
A_Planta 3º	3	4
B_Planta 3º	3	4
C_Planta 3º	3	4
D_Planta 3º	3	4
TOTALES		48

Tabla 2: Ocupación de nuestra edificación



CAPÍTULO 4: ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR

4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS

Una instalación solar térmica está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa además con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrado dentro de la misma instalación.

Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:

- Un sistema de captación formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos.
- Un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan agua caliente hasta que se precisa de su uso.
- Un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación.
- Un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.
- Un sistema de regulación y control el cual se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro lado, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelación, etc.
- Un sistema que permite aprovechar el agua caliente acumulada y no malgastar energía en cada vivienda cuando hay agua caliente comunitaria suficiente.
- Adicionalmente se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar, que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.



4.2. SUBCONJUNTO DE CAPTACIÓN

El subconjunto de captación es el encargado de captar la energía solar incidente y transformarla en energía térmica. Está formado por los colectores solares, sus elementos de sujeción y demás accesorios.

Antes de explicar el diseño y colocación del campo de colectores, vamos a analizar como se produce el aprovechamiento de la radiación solar en el seno del colector, más específicamente en el colector de placa plana.

Un cuerpo expuesto al sol recibe un flujo energético E , bajo cuyo efecto se calienta, y a su vez se producen pérdidas térmicas por radiación, convección y conducción del mismo a su alrededor E_p , las cuales hacen que en esta situación se llegue a un momento en que las pérdidas térmicas igualan a la energía producida por el flujo energético incidente, alcanzándose entonces una temperatura de equilibrio, o lo que es lo mismo:

$$E = E_p$$

Si de este sistema extraemos una parte del calor producido para aprovecharlo como energía utilizable E_u , llegaremos a un equilibrio donde:

$$E = E_p + E_u$$

De modo que E_p es ahora menor de lo que era anteriormente, ya que no toda la energía incidente se pierde, sino que una parte es aprovechada. Se dice entonces que el cuerpo se ha convertido en un colector de energía solar térmica.

Si ahora deseamos que aumente E_u tenemos dos opciones, bien reducir las pérdidas térmicas o bien aumentar la energía incidente. La primera opción implica mejorar el diseño y construcción del colector a fin de reducir las pérdidas. El segundo caso consistirá en modificar el sistema de modo que la energía incidente se concentre sobre una superficie más pequeña para que al disminuir el área, la intensidad aumente. Esto último es lo que hacen los colectores de concentración.

Otro factor importante es que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la temperatura de utilización y la temperatura ambiente, mayores serán también las pérdidas térmicas, y por lo tanto menor la cantidad de energía útil que podremos aprovechar. Esto significa que el rendimiento disminuye a medida que la temperatura de utilización aumenta. Por ello es importante hacer trabajar a los colectores a la temperatura más baja posible, siempre que sea compatible con la temperatura mínima necesaria para su utilización.

Analicemos el proceso que se produce al incidir la radiación en el colector. Debemos recordar que la radiación electromagnética, al incidir sobre un cuerpo, puede ser total o parcialmente absorbida, otra parte podrá ser reflejada y una última atravesar el cuerpo. La energía que contiene la radiación que es absorbida hace que el cuerpo se caliente y emita a su vez radiación, con una longitud de onda que dependerá de la temperatura de éste.

La mayor parte de la radiación solar está comprendida entre 0.3 y $2.4 \mu\text{m}$, por lo que al ser el vidrio transparente, deja pasar a través de él la radiación electromagnética. Entre 0.3 y $3 \mu\text{m}$, la luz atravesará el vidrio sin mayor problema. Si bien, una pequeña parte se reflejará en su superficie y otra será absorbida en su interior, dependiendo del espesor del mismo.

Después de atravesar el vidrio, la radiación llega a la superficie del absorbedor, el cual se calienta y emite a su vez radiación con una longitud de onda más o menos comprendida entre 4.5 y $7.2 \mu\text{m}$, para la cual el vidrio es opaco. Es decir, la radiación emitida por el absorbedor será reflejada en un pequeño porcentaje por la superficie interior del vidrio y el resto será absorbida por él, con lo que éste aumentará de temperatura y comenzará a emitir radiación. Ésta se repartirá aproximadamente en partes iguales hacia el exterior y el interior del colector, contribuyendo así a un aumento de la temperatura en la superficie del absorbedor. Este fenómeno se conoce con el nombre de “*efecto invernadero*”.

No hay que olvidar el hecho de que la cubierta transparente, además de producir el citado efecto invernadero, disminuye la transferencia de calor por convección entre el absorbedor y el ambiente exterior, reduciéndose esas pérdidas considerablemente.

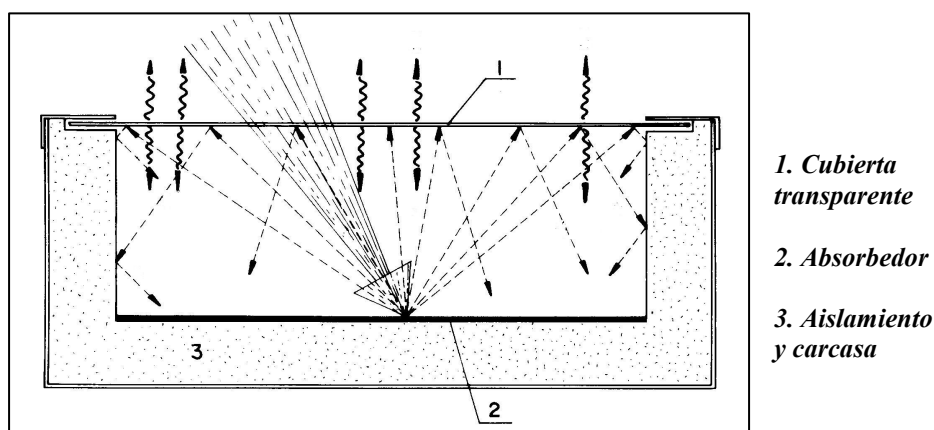


Figura 5: Efecto invernadero en el seno del colector

Esto hace que si consideramos al colector expuesto al sol sin ninguna circulación de fluido en su interior, la temperatura del absorbedor se elevará progresivamente y también las pérdidas por conducción, convección y radiación, por crecer éstas con la temperatura. De tal modo que llega, como ya dijimos, a alcanzar entonces la temperatura de equilibrio estático. Si ahora permitimos circular el fluido calo portador por el interior del colector, entrando por un orificio y saliendo por otro, dicho fluido al entrar en contacto con la parte interior del absorbedor, va aumentando de temperatura, a expensas de la energía acumulada en el absorbedor. Si se mantiene una circulación de fluido bajo condiciones estacionarias, llegará un momento en el cual se volverá a alcanzar una nueva temperatura de equilibrio, llamada temperatura de equilibrio dinámica, siendo ésta evidentemente más baja que la temperatura de equilibrio estática.



Esta temperatura que alcanza el fluido es siempre menor que la del absorbedor, debido a las características físicas del proceso de conducción del calor. Además la temperatura no es igual en todos los puntos del fluido, por lo que utilizaremos una temperatura media, la cual definiremos como la semisuma de las temperaturas del fluido calo portador a la entrada y a la salida.

$$t_{mo} = (t_{eo} + t_{so}) / 2$$

Notar que cuando el colector está funcionando deberá cumplirse que la temperatura de salida es mayor que la de entrada, de lo contrario ocurriría que el absorbedor estaría perdiendo calor hacia el exterior a expensas del fluido calo portador, hecho que podría ocurrir si se hiciese circular el fluido por la noche o en momentos de nubosidad.

La máxima temperatura que un colector instalado puede alcanzar es la temperatura de equilibrio estática, la cual conviene conocer, ya que cuando la instalación solar esté parada, esta temperatura será alcanzada, y además porque la temperatura máxima teórica de utilización siempre será inferior a la temperatura de equilibrio estático.

Una vez visto el funcionamiento del colector vamos a analizar el balance energético que se produce en el mismo durante su funcionamiento. Para realizar este estudio consideraremos un colector inmóvil, recibiendo la radiación solar uniformemente repartida y de forma constante, y por cuyo interior circula el fluido calo portador con un caudal determinado, entrando por un orificio a una temperatura y saliendo por otro orificio a una temperatura superior a la de entrada, como consecuencia de haber absorbido algo de calor a su paso por los conductos del absorbedor.

Así pues, el balance energético del colector será:

$$Q_T = Q_U + Q_P$$

Donde:

Q_T es la energía incidente total, es decir, directa más difusa más albedo.

Q_U es la energía útil, es decir, la recogida por el fluido calo portador.

Q_P es la energía perdida por disipación al exterior.

El valor de la energía incidente total, Q_T , será igual a la intensidad de radiación por la superficie de exposición, pero en caso de existir cubierta hay que contar con la transmitancia de la misma τ , que dejará pasar solamente una parte de dicha energía, y por otro lado con el coeficiente de absorción α de la placa absorbidora, es decir:

$$Q_T = I \cdot S \cdot \tau \cdot \alpha$$

Donde:

I es la radiación incidente total sobre el colector por unidad de superficie (w/m^2).



S es la superficie del colector (m^2).

τ es la transmitancia de la cubierta transparente.

α es la absorptancia de la placa absorbidora.

El cálculo de la energía perdida por disipación al exterior es más complejo debido a que se produce simultáneamente al de conducción, convección y radiación. Para simplificar este hecho se recurre a englobar estas influencias en el llamado coeficiente global de pérdidas U , el cual se mide experimentalmente y su valor es dado por el fabricante. De todos modos es una buena aproximación valorar las pérdidas por unidad de superficie proporcionales a la diferencia entre la temperatura media de la placa absorbidora y la del ambiente.

$$Q_P = S \cdot U \cdot (t_{co} - t_{ao})$$

Donde:

S es la superficie del colector (m^2).

U es el coeficiente global de pérdidas ($W / m^2 \cdot ^\circ C$).

t_{co} es la temperatura media de la placa absorbidora ($^\circ C$).

t_{ao} es la temperatura ambiente ($^\circ C$).

Por lo que nuestra ecuación inicial del balance energético queda de la siguiente forma:

$$Q_U = S \cdot [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot (t_{co} - t_{ao})]$$

Se da el hecho de que la temperatura media de la placa absorbidora no puede calcularse de una forma sencilla, tendríamos que medirla directamente mediante una serie de sensores colocados sobre ella. Por el contrario, sí se puede conocer con suficiente exactitud la temperatura media del fluido, una forma muy sencilla es hallar la media de las temperaturas de dicho fluido a la entrada y a la salida del colector, como hemos expuesto ya anteriormente.

Si la placa absorbidora y los tubos por los que circula el fluido calo portador tuviesen un coeficiente de conductividad térmica infinito, entonces las temperaturas del fluido y la placa serían iguales, pero esto en realidad nunca ocurre puesto que no todo el calor absorbido en la superficie absorbidora pasa al fluido para transformarse en energía térmica útil. Por lo que si queremos sustituir la temperatura de la placa absorbidora por la del fluido deberemos introducir un factor de corrección, llamado factor de eficacia o coeficiente de transporte de calor, F_R , que siempre será menor que la unidad.

Este factor es prácticamente independiente de la intensidad de la radiación incidente, pero es función del caudal del fluido y de las características de placa (material, espesor, distancia entre tubos, etc.)

$$Q_U = F_R \cdot S \cdot [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot (t_{mo} - t_{ao})]$$



O si aplicamos la ecuación de Bliss: $U_L = F_R \cdot U$

$$Q_U = S \cdot [F_R \cdot I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U_L \cdot (t_{mo} - t_{ao})]$$

De aquí podemos deducir el valor de rendimiento de nuestro colector sin más que calcular:

$$\eta = Q_U / S \cdot I$$

$$\eta = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) N - U_L \cdot [(t_{mo} - t_{ao}) / I]$$

Podemos considerar en la práctica $(\tau \cdot \alpha) N$ y U_L como constantes y por lo tanto expresar el rendimiento como una recta en función de $(t_{mo} - t_{ao}) / I$. Normalmente la curva de rendimiento viene dada por el fabricante según la expresión:

$$\eta = b - m [(t_{mo} - t_{ao}) / I]$$

Donde b y m son dos parámetros que nos indican el valor del rendimiento cuando t_{mo} es igual a t_{ao} y la pendiente de la curva de rendimiento. Además de suministrarnos una gráfica de la curva del rendimiento en función de $[(t_{mo} - t_{ao}) / I]$ como es el caso siguiente, en el que se comparan las curvas de distintos tipos de colectores.

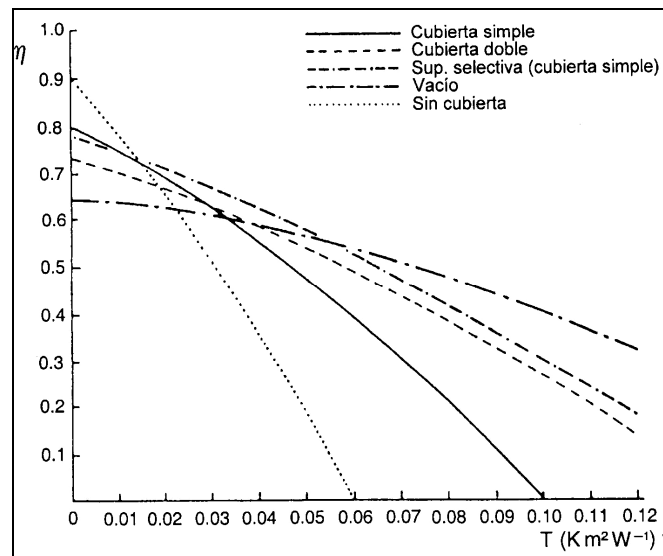


Figura 6: Curvas de rendimiento de distintos tipos de colectores

Una vez expuesto el funcionamiento de los colectores individualmente, vamos a indicar el acoplamiento entre ellos y por consiguiente la formación del campo de colectores.

El acoplamiento en serie de los colectores tiene como consecuencia un aumento de la temperatura del agua, a costa de disminuir el rendimiento de la instalación, debido que al ir pasando el fluido de un colector a otro, la temperatura de entrada en cada uno va aumentando y por lo tanto disminuyendo la eficacia global del sistema como se puede apreciar en la fórmula de rendimiento.

Esto es por lo que no son muchas las veces que se tiende a esta solución, sólo en algunas aplicaciones en las que es necesario una temperatura superior a la de los 60°C.

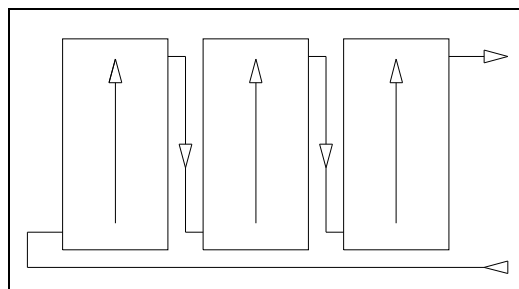


Figura 7: Conexión en serie

Lo más habitual es disponer los colectores acoplados en paralelo, o en caso de disponerse en varias filas colocarse éstas también en paralelo. De cualquier forma éstas deberán tener el mismo número de unidades y estar colocadas paralelas, horizontales y bien alineadas entre sí.

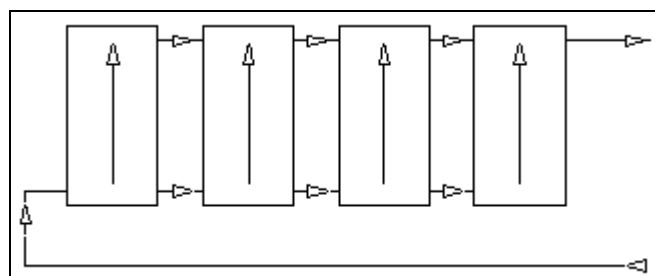


Figura 8: Conexión en paralelo

El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

La colocación del campo de colectores debe asegurar que el recorrido hidráulico sea el mismo para todos los colectores, de no ser así, los saltos térmicos de los colectores serían diferentes de unos a otros, reduciéndose el rendimiento global de la instalación. A fin de garantizar el equilibrio hidráulico, es necesario disponer las conexiones de los colectores entre sí de forma que se realice el llamado “retorno invertido”.

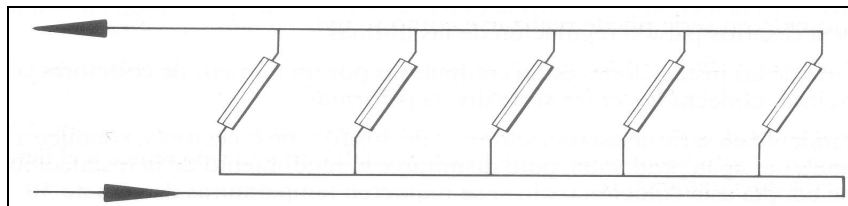


Figura 9: Esquema de conexionado conocido como “retorno invertido”

El caudal de los colectores no debe bajar de los 0.8 litros por metro cuadrado y por minuto, así se asegura un coeficiente de transmisión de calor adecuado entre el absorbedor y el fluido. Un valor óptimo situaría al caudal alrededor de 1 litro por metro cuadrado y minuto.

La longitud del circuito debe ser la más reducida posible para paliar las posibles pérdidas hidráulicas y de calor en el mismo, además de intentar disminuir las pérdidas de calor e hidráulicas en todos los accesorios añadidos al circuito. Y no hay que olvidar que el diseño debe permitir montar y desmontar los colectores.

4.3. SUBCONJUNTO DE ALMACENAMIENTO

Es evidente la absoluta necesidad de disponer de un sistema de almacenamiento que haga frente a la demanda en momentos de insuficiente radiación solar. La forma más sencilla y habitual de almacenar energía es mediante acumuladores de agua caliente, los cuales suelen ser de acero con recubrimiento interior epoxídico, acero inoxidable, aluminio o fibra de vidrio reforzado.

La forma del acumulador suele ser cilíndrica, siendo la altura mayor que el diámetro, haciendo de esta manera que se favorezca el fenómeno de la estratificación. Esto es, al disminuir la densidad del agua con el aumento de la temperatura, cuanto mayor sea la altura del acumulador mayor será la diferencia de temperatura entre la parte inferior y la parte superior del mismo, es decir, mayor será la estratificación. Por la parte superior extraemos agua para su consumo, mientras que el calentamiento solar se aplica en la parte inferior, así hacemos funcionar a los colectores a la mínima temperatura posible, aumentando por tanto su rendimiento.

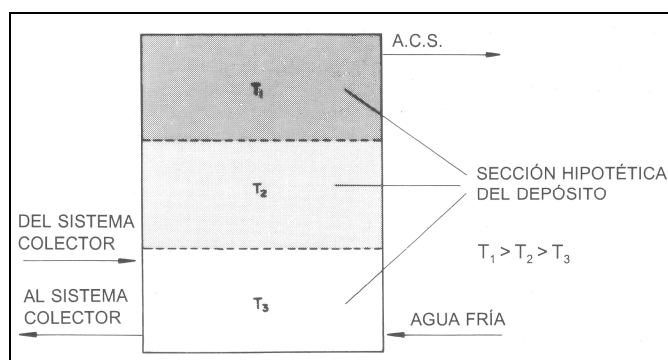


Figura 10: Estratificación de agua en el acumulador

4.4. SUBCONJUNTO DE TERMOTRANSFERENCIA

El subconjunto de termotransferencia está formado por aquellos elementos de la instalación encargados de transferir la energía captada en los colectores solares hasta el depósito de acumulación de agua caliente sanitaria. Entre los elementos que pertenecen a este grupo está el intercambiador, tuberías, válvulas y demás piezas que forman parte integrante del sistema de transporte de calor.

Según el sistema de termotransferencia, las instalaciones se clasifican en dos grupos, las de transferencia térmica directa y las de transferencia térmica indirecta. Nuestro caso y el más general se trata de un sistema indirecto, es decir, que existe un intercambiador térmico tal que el fluido del circuito primario no está en contacto con el agua caliente sanitaria.

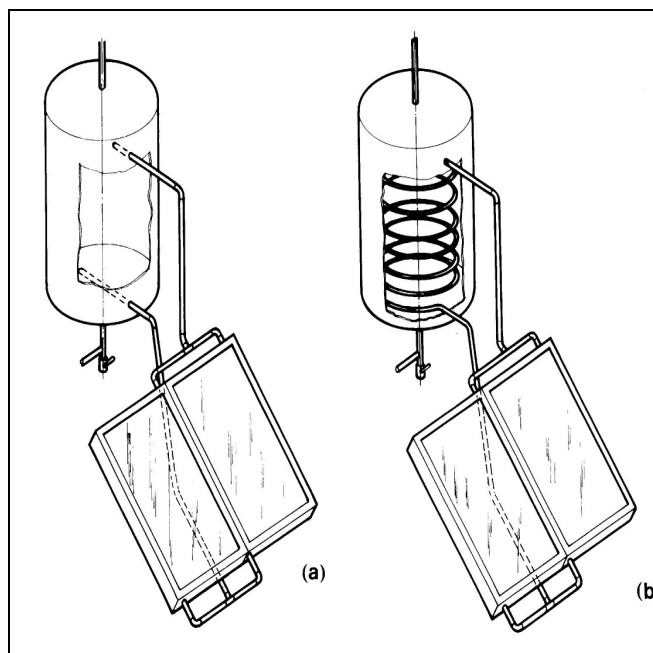


Figura 11: Sistemas directo (a) e indirecto (b)

A su vez la circulación se puede realizar por dos métodos: circulación natural también llamada “termosifón” o por circulación forzada mediante el uso de un electrocircular en el circuito primario. Se opta por uno u otro tipo de circulación según la topología y características de la instalación a realizar.

La decisión de optar por un sistema de circulación indirecta se basa en los problemas que presentan los problemas directos, como son la necesidad de usar materiales que no contaminen el agua en el circuito de colectores, con el consiguiente riesgo de congelación al no poder añadir anticongelantes al fluido. Un mayor riesgo de vaporizaciones, incrustaciones y corrosiones en el circuito, principalmente calcificaciones. En cualquier caso existen restricciones de tipo legal para que el agua de consumo no pase a través de los colectores.



En cuanto a la elección de circulación forzada frente a la natural, optaremos por la primera puesto que su uso apenas presenta inconvenientes en nuestro caso, como pueden ser la necesidad de disponer de energía eléctrica o la de regulación y control del circulador. Por el contrario ofrece una gran cantidad de ventajas, tales como la no necesidad de colocar el acumulador por encima de los colectores para que se produzca la circulación del fluido, el tener una mayor flexibilidad en el diseño hidráulico del circuito, así como en los diámetros de las tuberías del mismo ya que las pérdidas hidráulicas se subsanan con una mayor potencia en el dimensionado del electrocirculador. También podemos limitar la temperatura máxima del agua en el depósito, que en verano puede alcanzar hasta los 60°C, con el consiguiente riesgo para las personas o para el sistema por formación de incrustaciones calcáreas y corrosiones en el depósito. Tampoco se presentan problemas para evitar la congelación del fluido en el colector, lo que si ocurre en los sistemas por termosifón puesto que los aditivos para evitar la congelación aumentan la viscosidad del fluido y por tanto hace dificultar la circulación del mismo.

Al decantarnos por un sistema indirecto hemos de disponer de un elemento que separe el circuito primario del secundario, haciendo que estos sean independientes. Esto ocurre por ejemplo en instalaciones de agua caliente sanitaria en las que no deseamos que el agua pase por los colectores para evitar sobrepresiones en los mismos, riesgos de heladas, corrosiones, incrustaciones, etc. Dicho elemento es el intercambiador, el cual puede estar incluido dentro del acumulador denominándose intercambiador interior, o bien puede ser totalmente exterior al acumulador.

Por el contrario, también su colocación supone una pérdida de rendimiento del sistema ya que es necesaria una diferencia de temperatura entre los líquidos primario y secundario de 3°C a 10°C, que hace que los colectores deban funcionar a una temperatura superior a la del fluido secundario. Además supone un incremento del coste de la instalación, ya que junto a su propio coste hay que añadir el de una serie de elementos que lo acompañan necesariamente.

Por último, indicar otro elemento de vital importancia en el subconjunto de termotransferencia como es el depósito de expansión, cuya función es absorber las dilataciones que experimenta el fluido calo portador debido a los cambios de temperatura.

4.5. SUBCONJUNTO DE ENERGÍA DE APOYO

Es evidente que no en todas las ocasiones el agua del acumulador va a tener la temperatura necesaria para nuestra aplicación, es pues necesario dotar a la instalación de un sistema de apoyo que aporte la energía necesaria para cumplir nuestros objetivos.

Las diferentes posibilidades son: aplicar directamente en el acumulador la energía de apoyo, situar la energía de apoyo en un segundo acumulador alimentado por el primero o situar un sistema de apoyo instantáneo después del acumulador.

Esta configuración, ante proyectos en edificios multifamiliares, puede adoptarse como una configuración centralizada o descentralizada. La primera considera un único sistema de apoyo a la totalidad del edificio, mientras la segunda responde a la configuración de un sistema de apoyo por cada usuario.

En cualquiera de las dos configuraciones, el sistema de apoyo ha de ser capaz de dar respuesta por sí sola a las necesidades térmicas para abastecimiento de agua caliente sanitaria, ya que es evidente que existen días en los que la radiación solar es baja o nula.

4.6. SUBCONJUNTO DE REGULACIÓN Y CONTROL

La importancia de este subconjunto es clara, puesto que si careciese de él, nuestra instalación podría no aportar energía útil en los momentos en que pudiese hacerlo e incluso actuar de forma contraria, disipando energía acumulada al exterior.

Así pues, debemos realizar una regulación eficaz del sistema en todo momento. El método más habitual consiste en un regulador diferencial, el cual compara la temperatura del colector con la existente en la parte inferior del acumulador, de modo que cuando la temperatura en el colector sea mayor que en el acumulador en una cantidad fijada en dicho regulador, éste pondrá en marcha el electrocircularor.

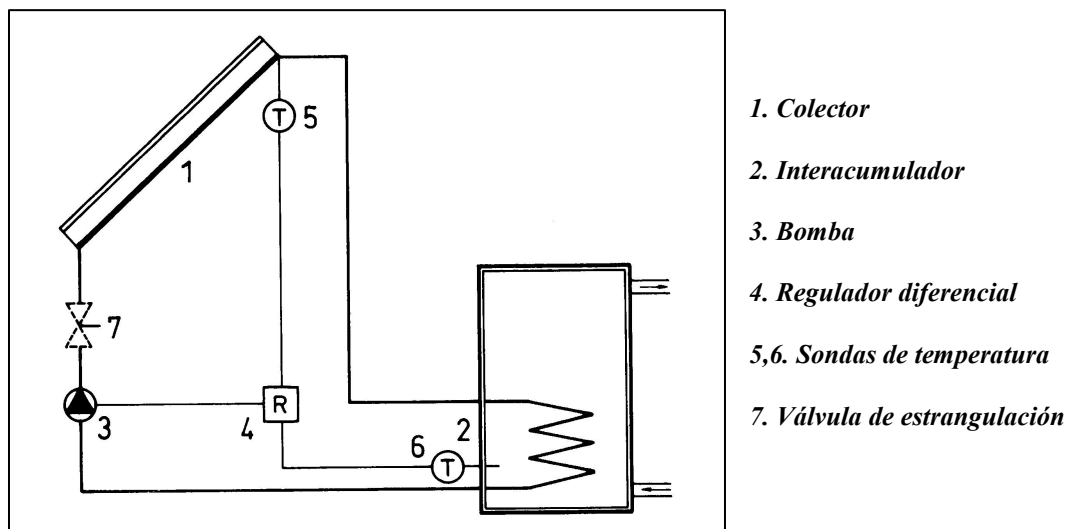


Figura 12: Regulación por termostato diferencial actuando sobre bomba

Hay que tener en cuenta que la diferencia de temperaturas debe ser lo suficientemente amplia para garantizar un beneficio en el funcionamiento. Esto se debe a que se producen diferentes fenómenos que pueden inducir a un mal funcionamiento de la instalación.

Los más comunes son: la pérdida de temperatura en el circuito de retorno que puede ser en torno a 1°C, las tolerancias de la sonda y del regulador alrededor de 1°C o



2°C, una diferencia mínima en el intercambiador para su correcto funcionamiento en torno a los 4°C, y por último, que se genere una mayor energía de la consumida por el propio electrocircular valorada en un mínimo de 3°C. Esto hace que sea aconsejable utilizar un diferencial mínimo de 6°C.

Es por lo que el sistema de control debe asegurar que en ningún caso las bombas puedan estar en marcha con diferencias de temperaturas entre la salida de los colectores y el acumulador inferior a 2°C, y que en ningún caso dichas bombas puedan estar paradas con diferencias de temperatura superiores a 7°C.

Además, el sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación de dicho fluido.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación y la sonda de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.



CAPÍTULO 5: PROCESO DE DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR

5.1. GENERALIDADES EXIGENCIA HE-4

Esta sección es aplicable a los edificios de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

La contribución solar mínima determinada en aplicación de la exigencia básica que se desarrolla en esta sección, podrá disminuirse justificadamente en los siguientes casos:

- A. Cuando se cubra ese aporte energético de agua caliente sanitaria mediante el aprovechamiento de energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residual procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia generación de calor del edificio.
- B. Cuando el cumplimiento de este nivel de producción suponga sobrepasar los criterios de cálculo que marca la normativa de aplicación.
- C. Cuando el emplazamiento del edificio no cuente con suficiente acceso al sol por barreras externas al mismo.
- D. En rehabilitación de edificios, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la configuración previa del edificio existente o de la normativa urbanística aplicable.
- E. En edificios de nueva planta, cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria.
- F. Cuando así lo determine el órgano competente que deba dictaminar en materia de protección histórico-artística.

En edificios que se encuentren en los casos B, C, D y E del apartado anterior, en los correspondientes documentos del proyecto, se justificará la inclusión alternativa de medidas o elementos que produzcan un ahorro energético térmico o reducción de emisiones de dióxido de carbono equivalentes a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar, respecto a los requisitos básicos que fije la normativa vigente, realizando mejoras en el aislamiento térmico y el rendimiento energético de los equipos.



Según la “*Exigencia Básica HE-4*”, se debe seguir la siguiente secuencia para dimensionar correctamente una instalación solar:

- A. Obtención de la contribución solar mínima.
- B. Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado.
- C. Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento.

5.2. OBTENCIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada a la demanda y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas siguientes se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura de 60°C, la contribución solar mínima anual, considerándose los siguientes casos:

- A. General: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano, gas natural u otras.
- B. Efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto *Joule*.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
>20.000	52	70	70	70	70

Tabla 3: Contribución solar mínima en %. Caso General



Demanda total de ACS del edificio (l/d)	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
>6.000	70	70	70	70	70

Tabla 4: Contribución solar mínima en %. Caso Efecto Joule

Las contribuciones solares que se recogen tienen el carácter de mínimos pudiendo ser ampliadas voluntariamente por el promotor o como consecuencia de disposiciones dictadas por las administraciones competentes.

En el caso de ocupaciones parciales de instalaciones de uso residencial turístico de las recogidas en el apartado B, cumplimiento de las condiciones de diseño, se deben detallar los motivos, modificaciones de diseño, cálculos y resultados tomando como criterio de dimensionado que la instalación deberá aproximarse al máximo al nivel de contribución solar mínima. El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año, la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100% de dicha demanda, y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100% de dicha demanda, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- A. Dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).
- B. Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador).
- C. Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo entre las labores del contrato de mantenimiento.
- D. Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.



En el caso de optarse por las soluciones B y C, dentro del mantenimiento deben programarse las operaciones a realizar consistentes en el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas operaciones se realizarán una antes y otra después de cada periodo de sobreproducción energética. No obstante se recomiendan estas soluciones cuando el edificio tenga un servicio de mantenimiento continuo. Cuando la instalación tenga uso de vivienda y no sea posible la solución D, se recomienda la solución A.

Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la siguiente tabla.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 5: Pérdidas límite

En la tabla anterior se consideran tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica. Se considera que existe integración arquitectónica cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica, y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

En todos los casos se han de cumplir las tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los siguientes valores:

- A. Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- B. Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica +10°.
- C. Demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°.

Sin excepciones, se deben evaluar las pérdidas por orientación e inclinación y sombras sobre la superficie de captación. Cuando, por razones arquitectónicas excepcionales no se pueda dar toda la contribución solar mínima anual que se indica en



las tablas 3 y 4, cumpliendo los requisitos indicados en la tabla 5, se justificará esta imposibilidad, analizando las distintas alternativas de configuración del edificio y de ubicación de la instalación, debiéndose optar por aquella solución que dé lugar a la contribución solar mínima.

Para definir la contribución solar mínima, hay que definir primero la demanda total de agua caliente sanitaria a 60°C y la zona climática donde se ubicará el edificio en el cual se hará la instalación.

5.3. CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE DISEÑO

5.3.1. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 6: Demanda de referencia a 60°C

Para el caso de que se elija una temperatura de diseño, es decir, en el acumulador final, diferente de 60°C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60°C. no obstante, la demanda a considerar a efectos de cálculo y diseño, según la temperatura de diseño elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión:



$$D(T) = \sum_1^{12} D_i(T) \qquad D_i(T) = D_i(60^\circ C) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

Siendo:

$D(T)$ Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura **T** de diseño.

$D_i(T)$ Demanda de agua caliente sanitaria para el mes **i** a la temperatura **T** de diseño

$D_i(60^\circ C)$ Demanda de agua caliente sanitaria para el mes **i** a la temperatura de $60^\circ C$

T Temperatura de diseño del acumulador final

T_i Temperatura media del agua fría en el mes **i** .

En el uso residencial, el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

- a) Estudios de un único espacio o viviendas de un dormitorio: 1,5 personas.
- b) Viviendas de 2 dormitorios: 3 personas.
- c) Viviendas de 3 dormitorios: 4 personas.
- d) Viviendas de 4 dormitorios: 6 personas.
- e) Viviendas de 5 dormitorios: 7 personas.
- f) Viviendas de 6 dormitorios: 8 personas.
- g) Viviendas de 7 dormitorios: 9 personas.
- h) A partir de 8 dormitorios, se valorarán las necesidades como si se tratase de hostales.

Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas en distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.

Para el cálculo posterior de la contribución solar anual, se estimarán las demandas mensuales tomando en consideración el número de unidades (personas, camas, servicios, etc.) correspondientes a la ocupación plena, salvo en instalaciones de



uso residencial turístico en las que se justifique un perfil de demanda propio originado por ocupaciones parciales.

Se tomarán como perteneciente a un único edificio la suma de demandas de agua caliente sanitaria de diversos edificios ejecutados dentro de un mismo recinto, incluidos todos los servicios. Igualmente en el caso de edificios de varias viviendas o usuarios de agua caliente sanitaria, a los efectos de esta exigencia, se considera la suma de las demandas de todos ellos.

Quedan excluidos de esta exigencia aquellos casos en los que se justifique que no existe ningún tipo de ocupación en 185 días al año o más.

En el caso que se justifique un nivel de demanda de agua caliente sanitaria que presente diferencias de más del 50% entre los diversos días de la semana, se considerará la correspondiente al día medio de la semana y la capacidad de acumulación será igual a la del día de la semana de mayor demanda.

5.3.2. ZONA CLIMÁTICA

En la figura 13 y en la tabla 7 se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Zona Climática	MJ/m ²	KWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 7: Límites de Radiación Solar Global



Figura 13: Zonas climáticas

Dentro de la Región de Murcia, se detallan los siguientes municipios para una mejor definición de la ubicación de la instalación:

Municipio	Zona Climática
Águilas	V
Alcantarilla	IV
Caravaca de la Cruz	V
Cartagena	IV
Cieza	V
Jumilla	V
Lorca	V
Molina de Segura	V
Murcia	IV
Torre Pacheco	IV
Totana	V
Yecla	V

Tabla 8: Zonas climáticas de municipios de la Región de Murcia



Como ya indicamos anteriormente en el capítulo 3, el presente proyecto consta de 12 viviendas multifamiliares. Se calcula el consumo para la instalación según lo descrito en el apartado de cálculo de la demanda energética. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

- Demanda energética a 60°C.
- Zona climática
- Contribución solar mínima

12 VIVIENDAS MULTIFAMILIARES	
Nº de Usuarios	48
Consumo Unitario (litros a 60° C/día)	22
Total Consumo (litros a 60° C/día)	1056
Total Consumo (litros a 45° C/día)	1543
Localidad Ubicación	Alcantarilla
Zona climática	IV
Contribución Solar Mínima	70 %

Tabla 9: Consumo y contribución solar

Se proyecta un depósito de 1.000 litros por necesidades técnicas de cálculos energéticos. Se tendrá en cuenta en el cálculo de estructura el peso del depósito.

5.4. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

5.4.1. REQUISITOS GENERALES

El objetivo básico del diseño del sistema solar es suministrar al usuario una instalación solar que:

- a) Optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- b) Garantice una durabilidad y calidad suficientes.
- c) Garantice un uso seguro de la instalación.



Las instalaciones se realizarán con un circuito primario y un circuito secundario independientes, con producto químico anticongelante, evitándose cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación.

En instalaciones que cuenten con más de 10 m² de superficie de captación correspondiendo a un solo circuito primario, éste será de circulación forzada.

La instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60°C, y no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado.

Respecto a la protección contra descargas eléctricas, la instalación debe cumplir con lo fijado en la reglamentación vigente y en las normas específicas que la regulen.

5.4.2. FLUIDO DE TRABAJO

El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario: agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada.

El fluido de trabajo tendrá un pH a 20°C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

1. La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor, se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 μ S/cm.
2. El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico.
3. El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El fluido calo portador deberá ser capaz de soportar, sin congelarse, una temperatura 5°C menor que la mínima histórica que haya sido registrada en la zona. Así, para la provincia de Murcia, la mínima histórica es de -5°C, por lo que deberemos calcular la cantidad de anticongelante para -10°C. A partir de las curvas de congelación podemos hallar la proporción en volumen de propilenglicol, que es del 30%. Además, se añadirá la dosis de antioxidante apropiada, según fabricante, para prevenir la corrosión del agua dentro del circuito.



5.4.3. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS

La instalación está provista de unos productos químicos no tóxicos cuyo calor específico no es inferior a $3 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{K}$, en 5°C por debajo de la mínima histórica registrada en la zona, para no producir daños en el circuito primario de captadores debido a las heladas.

Estos productos químicos mantienen sus propiedades físicas y químicas de diseño dentro de los intervalos de temperatura de trabajo permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

5.4.4. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTO Y QUEMADURAS

La instalación está protegida contra sobrecalentamientos mediante sistemas automáticos que evitan la rotura de los equipos. También se utilizan sistemas de drenaje diseñados para que el agua caliente o el vapor de drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes ni enseres domésticos.

El sistema está diseñado para evitar quemaduras producidas por el sobrecalentamiento del agua a más de 60°C .

5.4.5. RESISTENCIA A PRESIÓN Y PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO

El circuito está diseñado para soportar una presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio, además el circuito de consumo soporta la máxima presión requerida por regulaciones nacionales-europeas de agua potable para las instalaciones de agua de consumo abiertas o cerradas.

El circuito hidráulico está provisto de válvulas antirretorno para evitar flujos inversos en la instalación.



5.5. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

5.5.1. DIMENSIONADO BÁSICO

El método de cálculo utilizado para el dimensionamiento de la instalación, debe especificar las prestaciones globales anuales de la instalación, definidas por:

- a) La demanda de energía térmica.
- b) La energía solar térmica aportada.
- c) Las fracciones solares mensuales y anuales.
- d) El rendimiento medio anual.

En una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%.

5.5.2. MÉTODO DE CÁLCULO RECOMENDADO

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se sugiere el método de las curvas f , que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Ampliamente aceptado como un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la siguiente fórmula:

$$f = 1,092 D_1 + 0,065 D_2 + 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$



La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de agua caliente sanitaria o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D_1 .
4. Cálculo del parámetro D_2 .
5. Determinación de la gráfica f .
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad necesaria de calor mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$Q_a = C_e CN (t_{ac} - t_r)$$

Donde:

Q_a Carga calorífica mensual de calentamiento de agua caliente sanitaria (J/mes)

C_e Calor específico. Para agua es 4187 (J/kg·°C)

C Consumo diario de A.C.S (l/día)

N Número de días del mes

t_{ac} Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)

t_r Temperatura del agua de red (°C)

El parámetro D_1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes.

La energía absorbida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_a = S_c F_r'(\tau \alpha) R_1 N$$



Donde:

S_c Superficie del captador (m^2)

R_I Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (kJ/m^2)

N Número de días del mes

$F_r'(\tau\alpha)$ Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r'(\tau\alpha)_n [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] (F_r' / F_r)$$

Donde:

$F_r'(\tau\alpha)_n$ Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n$ Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).

(F_r' / F_r) Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

El parámetro D_2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes. La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c F_r' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

Donde:

S_c Superficie del captador (m^2)

$$F_r' U_L = F_r U_L (F_r' / F_r)$$

Donde:

$F_r U_L$ Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

t_a Temperatura media mensual del ambiente

Δt Período de tiempo considerado (s)



K_1 Factor de corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [kg \text{ acumulación} / (75 S_c)]^{0,25}$$

$$37,5 < (kg \text{ acumulación}) / (m^2 \text{ captador}) < 300$$

K_2 Factor de corrección para agua caliente sanitaria, que relaciona la temperatura mínima de dicha agua, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = 11,6 + 1,18 t_{ac} + 3,86 t_r - 2,32 t_a / (100 - t_a)$$

Donde:

t_{ac} Temperatura mínima del agua caliente sanitaria

t_r Temperatura del agua de red

t_a Temperatura media mensual del ambiente

Una vez obtenido **D_1** y **D_2** , aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

De esta forma, la energía útil captada cada mes, **Q_u** , tiene el valor :

$$Q_u = f Q_a$$

Donde:

Q_a Carga calorífica mensual de agua caliente sanitaria

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

$$CoberturaSolarAnual = \sum_{u=1}^{u=12} Q_u \text{ necesaria} / \sum_{a=1}^{a=12} Q_a \text{ necesaria}$$

5.- Datos de salida

			Número de colectores:				10						
			Area colectores [m²]:				18,70						
			Inclinación [°]:				20						
			Volumen de acumulación [L]:				1.000						
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual
Total consumo [Termias]:	1.702	1.508	1.604	1.489	1.506	1.426	1.440	1.473	1.457	1.539	1.552	1.702	18.399
Ahorros [Termias]:	1.029	1.179	1.255	1.283	1.428	1.403	1.440	1.454	1.280	1.053	896	830	14.532
Ahorros [MJ]	4.309	4.937	5.253	5.374	5.980	5.875	6.031	6.090	5.360	4.409	3.753	3.475	60.844
Fracción solar [%]:	60,5	78,2	78,2	86,2	94,8	98,4	100,0	98,7	87,8	68,4	57,7	48,8	79,0
Rendimiento medio [%] de la instalación solar	49,2	47,0	46,5	44,6	43,4	43,0	39,0	43,7	45,8	47,5	48,3	49,1	45,0

Tabla 14: Datos de salida

Número de colectores:	10
Área colectores [m ²]:	18,70
Inclinación [°]:	20
Volumen de acumulación [L]:	1000

6.- Gráfica de producción.

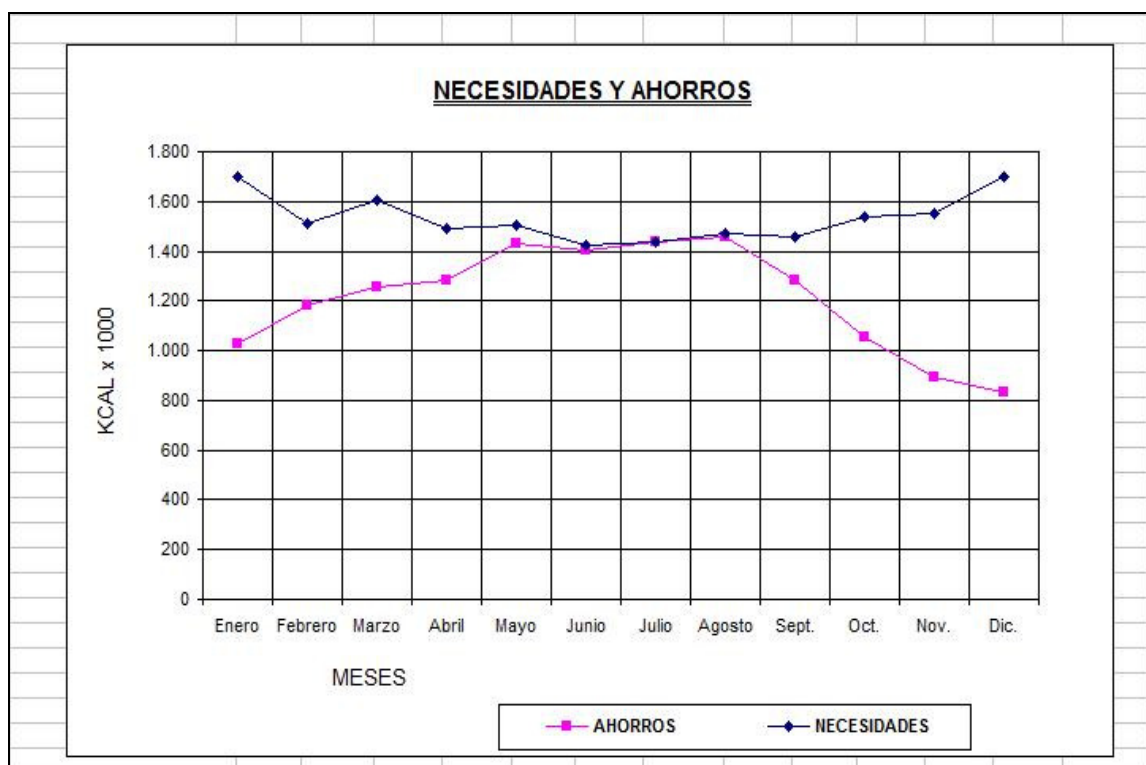


Figura 14: Gráfica de producción



7.- Balance Energético

En la siguiente tabla se establece el balance energético de la energía necesaria y el aporte solar generado para, en nuestro caso, un bloque de 12 viviendas multifamiliares.

	Tª Entrada	Eneg. Necesa	Temp. Amb.	Rdto.	Rad Horiz.(H)	Rad Efect. (E)	Aporte Solar	Eneg. Aux.	%
	°C	kWh/mes	°C	%	kWh/m2 dia	kWh/m2 mes	kWh/mes	kWh/mes	70,0
Enero	8,0	7.127,4	12,0	49,2	2,8	130,1	4.308,7	2.818,7	60,452
Febrero	9,0	6.313,9	12,0	47,0	4,1	156,1	4.937,1	1.376,8	78,194
Marzo	11,0	6.716,2	15,0	46,5	4,6	167,9	5.252,7	1.463,5	78,209
Abril	13,0	6.234,3	17,0	44,6	5,7	179,2	5.373,6	860,7	86,194
Mayo	14,0	6.305,0	21,0	43,4	6,7	204,8	5.980,2	324,8	94,849
Junio	15,0	5.969,0	25,0	43,0	7,1	202,9	5.874,5	94,5	100
Julio	16,0	6.030,9	28,0	39,0	7,7	229,6	6.030,9	0,0	98,731
Agosto	15,0	6.168,0	28,0	43,7	6,5	206,8	6.089,7	78,3	87,847
Septiembre	14,0	6.101,6	25,0	45,8	5,2	174,0	5.360,1	741,5	87,847
Octubre	13,0	6.442,1	20,0	47,5	3,9	137,9	4.409,1	2.033,0	68,441
Noviembre	11,0	6.499,6	16,0	48,3	2,7	115,5	3.752,9	2.746,6	57,741
Diciembre	8,0	7.127,4	12,0	49,1	2,3	105,1	3.475,1	3.652,3	48,757
Promedio	12,3	6.419,6	19,3	45,6	4,9	167,5	5.070,4	1.349,2	78,9
Total		77.035,3					60.844,5	16.190,8	
			Superficie de captación m ²			18,70			
			Numero de Colectores			10			
			Inclinación			20			
			Nº de ocupantes			48			
			Consumo ocupante (l/dia)			22			

Tabla 15: Balance energético

5.5.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

- Generalidades -

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

En las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, se recomienda que los captadores tengan un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura



ambiente y la temperatura de entrada, menor de $10 \text{ Wm}^2/^{\circ}\text{C}$, según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.

- Conexionado -

Se debe prestar especial atención a la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se conectarán entre sí en *paralelo*, debiéndose instalar *válvulas de cierre*, en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Además se instalará una *válvula de seguridad* por cada fila de captadores con el fin de proteger la instalación.

Dentro de cada fila, los captadores se conectarán en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente, recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

Las secciones de las tuberías a utilizar se presentan a continuación en la siguiente tabla, que se ha dividido en diferentes tramos, en la que se muestran sus pérdidas de carga en circuitos hidráulicos.

Número tramo	Número captadores	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diámetro exterior (mm)	Velocidad (m/s)	Dm interior (mm)	mm.c.a./m	mm.c.a. tramo	mm.c.a. acumulado
1	4	20	374	35	0,12	33	0,73	14,63	14,63
2	4	20	374	35	0,12	33	0,73	14,63	29,26

Tabla 16: Secciones de tuberías de la instalación

- Estructura soporte -

Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.

El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirán las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.



Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuados, de manera que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.

La batería de colectores se colocará en la cubierta, los captadores están en la dirección SUR, con un ángulo de Acimut de 75° y con una inclinación de 20°.

5.5.5. VASOS DE EXPANSIÓN

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 6% del volumen total de fluido en el circuito primario (según norma UNE 100.155-88).

Volumen en circuito primario: 374 l/h

Por lo tanto utilizaremos un vaso de expansión de 25 litros, sin compresor y con válvula de seguridad con embudo de desagüe de salida.

5.5.6. SISTEMA DE CONTROL

Una correcta regulación de la instalación implica obtener un rendimiento óptimo y evitar situaciones adversas que afectarán al funcionamiento normal de la instalación.

El objeto de este proyecto es dotar a la instalación de Energía Solar Térmica para el Abastecimiento de Agua Caliente Sanitaria por lo que su distribución a las viviendas no viene reflejada en el mismo.

El sistema de control consta de varias partes:

- Captación de señales.
- Control y regulación.

- Captación de señales -

Se colocarán 4 sondas de temperatura (PT100), para medir la temperatura en todo el sistema solar-térmico.

- T1 Sonda de temperatura colocada a la salida del acumulador solar.
- T2 Sonda de temperatura colocada a la entrada del acumulador solar.
- T3 Sonda de temperatura colocada en un captador solar.

- T4 Sonda de temperatura colocada en el depósito acumulador.

Se colocará además un *caudalímetro* a la salida del acumulador para comprobar el caudal acumulado e instantáneo.

- Control y regulación -

El sistema de control va a estar formado por un autómata programable PLC, que además de controlar las temperaturas de entrada y salida del depósito para controlar las electroválvulas de conexionado de los diferentes circuitos hidráulicos, almacenará la información histórica, cada 15 minutos, y sacará la media diaria, semanal y mensual de los parámetros en la memoria del PLC. Se realizará un balance energético actual (valores de medidas) y acumulado (datos calculados en el proyecto). Estos datos pueden ser visualizados mediante un display e incluso si los valores que se están generando no corresponden con los que se han proyectado y varían de estos en un 30%, mandará un mensaje al presidente de la comunidad informándole del mal funcionamiento de la instalación. La figura que se muestra a continuación es un esquema de lo que sería el sistema de control.

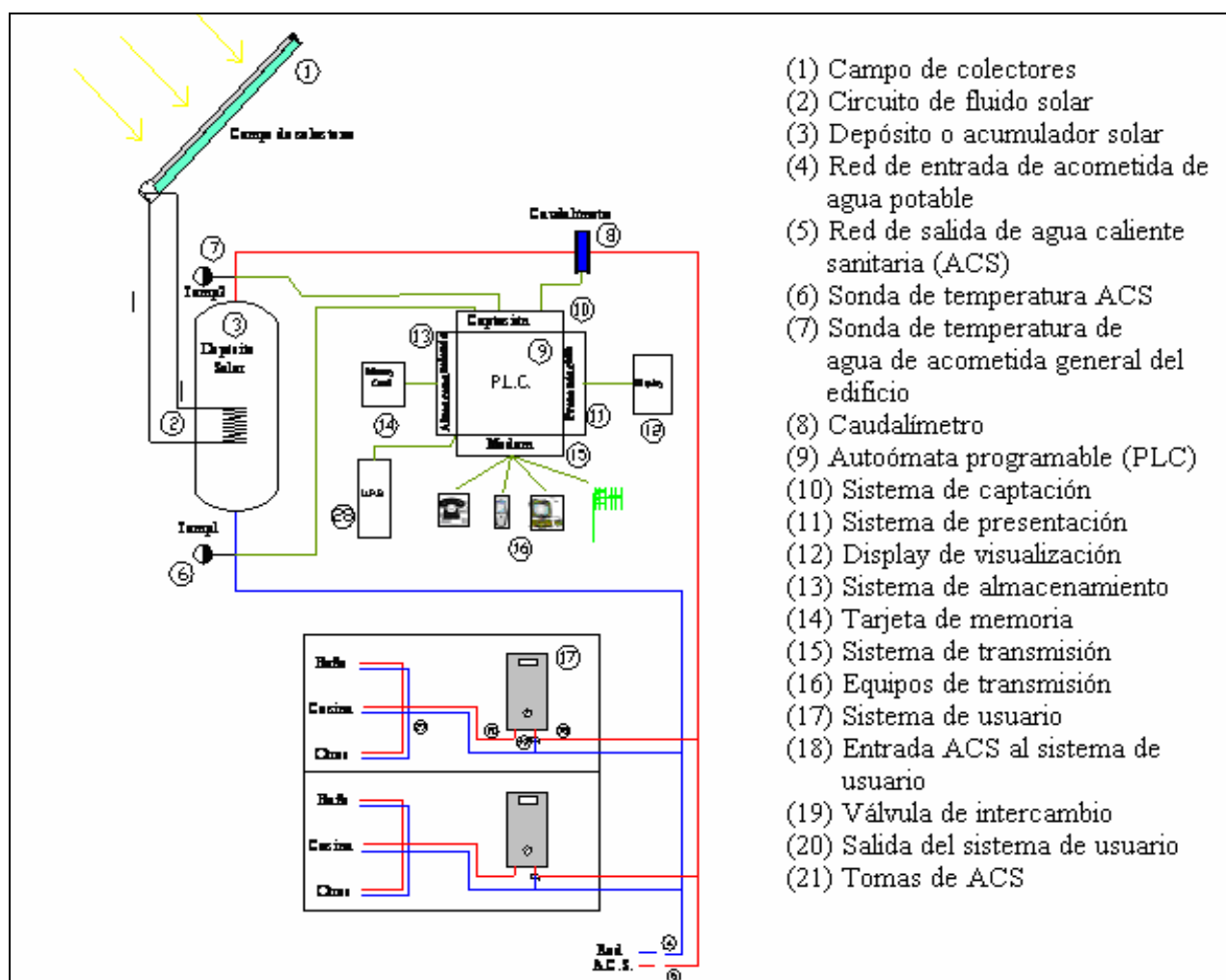


Figura 15: Sistema de control



CAPÍTULO 6: PLIEGO DE CONDICIONES

6.1. REQUISITOS GENERALES

6.1.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

6.1.2. GENERALIDADES

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), junto con la serie de normas UNE sobre energía solar térmica.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a $9W/(m^2A^{\circ}C)$.

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- Sistemas solares de calentamiento prefabricados -

Son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo.

Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesaria una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.

- Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos -

Son aquellos sistemas contruidos de forma única o montada eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Dichos componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:

1. **Sistemas grandes a medida:** son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.



2. **Sistemas pequeños a medida:** son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por dicha Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación, se considera un solo sistema a medida.

Considerando el coeficiente global de pérdidas de los captadores, se considerarán a efectos de permitir o limitar, dos grupos dependiendo del rango de temperatura de trabajo:

1. Las instalaciones destinadas exclusivamente a producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o “fan-coil” u otros usos a menos de 45°C, podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas esté comprendido entre $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ y $4,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.
2. Las instalaciones destinadas a climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o “fan-coil”, u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la de referencia de producción se sitúen en niveles semejantes, deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a $4,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

6.1.3. REQUISITOS GENERALES

- Fluido de trabajo -

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se pueden utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a 20°C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor, se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los $650 \mu\text{S/cm}$.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.



- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que puedan operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

- Protección contra heladas -

Generalidades

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior, deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0°C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes.
2. Recirculación de agua de los circuitos.
3. Drenaje automático con recuperación de fluido.
4. Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0°C. En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 KJ/(kg ·K), equivalentes a 0,7 kcal/(kg ·°C).

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.



La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

Recirculación del agua del circuito

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo estará en movimiento cuando exista riesgo de helarse.

El sistema de control actuará activando la circulación del circuito primario, cuando la temperatura detectada preferentemente en la entrada o salida de captadores o aire ambiente circundante alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3°C).

Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura sean de corta duración.

Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario.

- Sobrecalentamientos -

Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección contra sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor de drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes, y no se produzcan daños en el sistema ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60°C, deberá ser instalado un sistema automático de mezcla con otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C,



aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

- Resistencia a presión -

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En casos de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

- Prevención de flujo inverso -

La instalación deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

- Prevención de la legionelosis -

Se deberá cumplir el Real Decreto 909/2001, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50°C en el punto más alejado, y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador.

La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.



6.2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

6.2.1. DIMENSIONADO Y CÁLCULO

- Datos de partida -

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

- Para aplicaciones de agua caliente sanitaria, la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente, según Código Técnico de la Edificación.
- Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de la misma.
- Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITE.
- Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración del mismo.
- Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de red.

Al objeto de Pliego podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por CENSOLAR.



Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2°C y 3°C mayor que la del agua, con un mínimo de 26°C y un máximo de 28°C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55% y el 70%, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60%.

- Dimensionado básico -

A los efectos de este Pliego, el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación. El dimensionado básico de los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de agua caliente sanitaria a la que está destinado.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que, en ningún mes del año la energía producida por dicha instalación solar supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año.

En el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de la instalación correspondiente, indicadas en el punto 6.6 de esta memoria (Requisitos técnicos del contrato de mantenimiento).

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes “x” = (Energía solar aportada el mes “x” / Demanda energética durante el mes “x”) × 100

Fracción solar año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Demanda energética durante el año “y”) × 100

Rendimiento medio año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Irradiación incidente año “y”) × 100

Irradiación incidente año “y” = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año “y”

Irradiaciones incidentes el mes “x” = (Irradiación en el mes “x”) × Superficie captadora



El concepto de *energía solar aportada el año “y”* se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100% de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida, podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado a proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar.

Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- La fracción solar media anual.
- El rendimiento medio anual.

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo de dicho sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en RITE ITE 3.13.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en el caso de agua caliente sanitaria, se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la siguiente condición:

$$50 < V/A < 180$$

Donde A será el área total de los captadores expresada en m^2 , y V es el volumen del depósito de acumulación solar expresado en *litros*, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria $M: V=M$.

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.



6.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

- Generalidades -

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia o por un laboratorio de ensayos según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

- Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica -

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo, serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla 1. Se considerarán tres casos: *general*, *superposición de captadores* e *integración arquitectónica* según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: *pérdidas por orientación e inclinación*, *pérdidas por sombreado* y *pérdidas totales* inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 17: Límite de pérdidas

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación, β_{opt} , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica – 10°

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.



Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales.

Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

- Conexionado -

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila, los captadores se conectarán en serie o paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo, tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

El número de captadores conexicionados en serie no será superior a tres. En casos de aplicaciones para algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando sea permitido por el fabricante. En el caso de que la aplicación sea de agua caliente sanitaria no deben conectarse más de dos captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención a la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

A continuación, en la figura 16, se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.

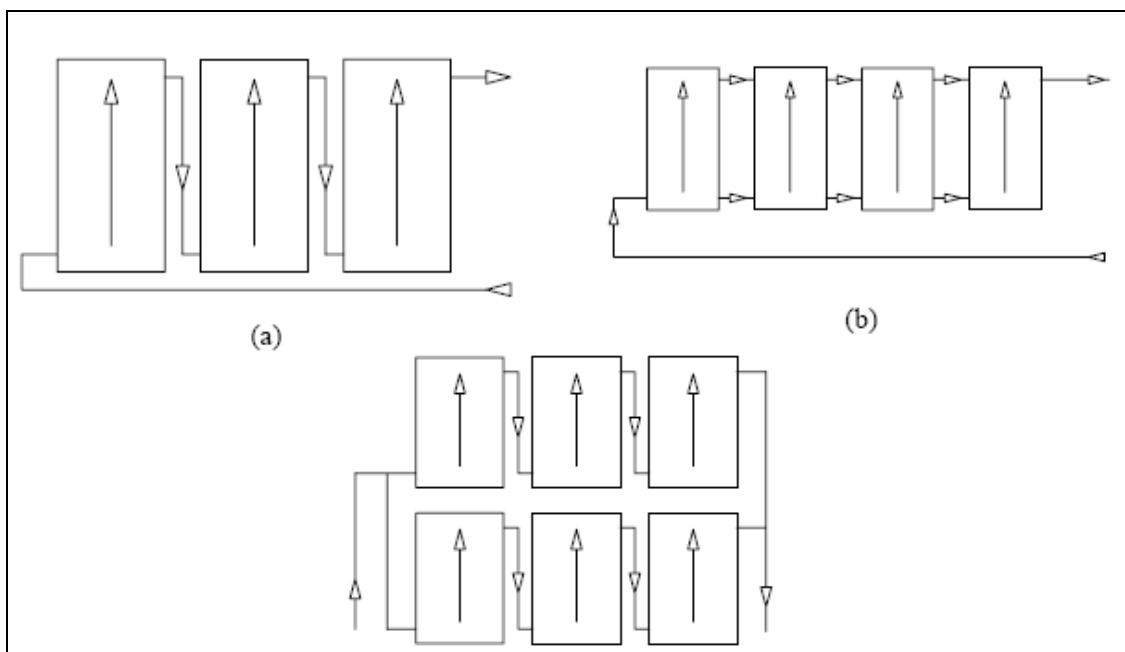


Figura 16: Tipos de conexionado. (a) Serie. (b) Paralelo. (c) Serie-paralelo

- Estructura soporte -

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de **sk** (carga de nieve) y **vm** (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de **sk** y **vm** determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

La propia estructura y los topes de sujeción de los captadores, no arrojarán sombra sobre éstos últimos.



6.2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

- Generalidades -

Los acumuladores para agua caliente sanitaria y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE-EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada, es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor que 2.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario.

El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como aparece en el RD 909/2001 de 27 de julio.

En caso de aplicaciones para agua caliente sanitaria y sistema de energía auxiliar no incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar un conexionado entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 20 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

- Situación de las conexiones -

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores, se realizará por la parte inferior de éste.

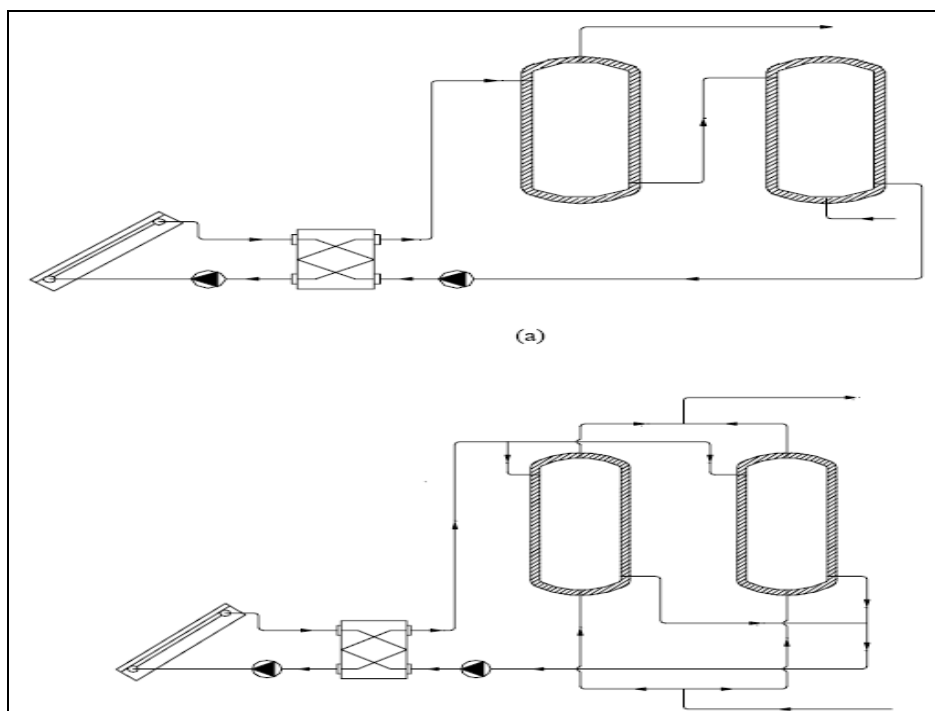
- c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo agua caliente sanitaria (esto se refiere al agua fría de red), la extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.
- d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas, estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Se recomienda que las entradas de agua de retorno de consumo estén equipadas con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

- Varios acumuladores -

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la figura 17.



**Figura 17: Conexión acumuladores. (a) Conexión en serie invertida.
(b) Conexión en paralelo**



La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

- Sistema auxiliar en el acumulador solar -

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

No obstante, y cuando existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden, se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar, para lo cual será necesaria la presentación de una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, que justifique suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además permita la verificación del cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones en el acumulador solar:

1. Deberá tratarse de un sistema indirecto, acumulación solar en el secundario.
2. Volumen total máximo de 2000 litros.
3. Configuración vertical con relación entre altura y diámetro del acumulador no inferior a 2.
4. Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 cm de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.
5. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.
6. Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.
7. No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de agua caliente sanitaria.



Para los equipos prefabricados que no cumpliendo lo indicado anteriormente en este apartado, vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

6.2.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente $P(w)$ en función del área de captadores $A(m^2)$, cumplirá la condición:

$$P \geq 500 A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En caso de aplicación para agua caliente sanitaria se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario, hay que elevar la temperatura hasta 60°C y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50°C.

6.2.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

- Generalidades -

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para agua caliente sanitaria, el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

En cualquier caso los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

- Tuberías -

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.



El diseño y los materiales deberán ser tales, que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

- Bombas -

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas, la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando dicha impulsión filtrada en superficie.

- Vasos de expansión -

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos, será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

- Purga de aire -

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.



El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador, un desairedor con purgador automático.

- Drenaje -

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

6.2.6. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL

Es muy importante, en instalaciones que funcionen por circulación natural, el correcto diseño de los distintos componentes y circuitos que integran el sistema, de forma que no se introduzcan grandes pérdidas de carga y se desfavorezca la circulación del fluido por termosifón. Para esto se recomienda prestar atención a:

- El diseño del captador y su conexión: preferentemente se instalarán captadores con conductos distribuidores horizontales y sin cambios complejos de dirección de los conductos internos.
- El trazado de tuberías: deberá ser de la menor longitud posible, situando el acumulador cercano a los captadores. En ningún caso, el diámetro de las tuberías será inferior a DN15. En general, dicho diámetro se calculará de forma que corresponda al diámetro normalizado inmediatamente superior al necesario en una instalación equivalente con circulación forzada.
- El sistema de de acumulación: depósitos situados por encima de la batería de captadores favorecen la circulación natural. En caso de que la acumulación esté situada por debajo de la batería de captadores, es muy importante utilizar algún tipo de dispositivo que, sin introducir pérdidas de carga adicionales de consideración, evite el flujo inverso no intencionado.

6.2.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.



El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
2. En caso de aceptarse la instalación de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, sólo se podrá hacer mediante un pulsador manual y la desconexión será automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional, cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario.
3. No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevean elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.
4. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:
 - Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
 - Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.
5. Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y el sistema auxiliar, de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

En los puntos 4 y 5, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible.

Para agua caliente sanitaria, el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento, permitirá cumplir con el RD 909/2001. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.



6.2.8. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD), que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto, la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía de la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal, actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación... o por combinación de varios mecanismos.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación, se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.



6.2.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Para el caso de instalaciones mayores de 20m^2 se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red.
- Temperatura de salida del acumulador solar.
- Caudal de agua fría de red.

Opción 2:

- Temperatura inferior del acumulador solar.
- Temperatura de captadores.
- Caudal por el circuito primario.

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

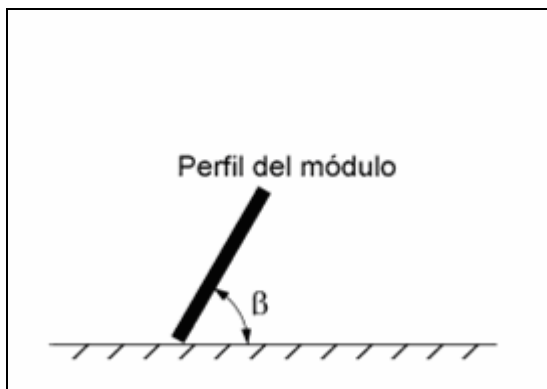
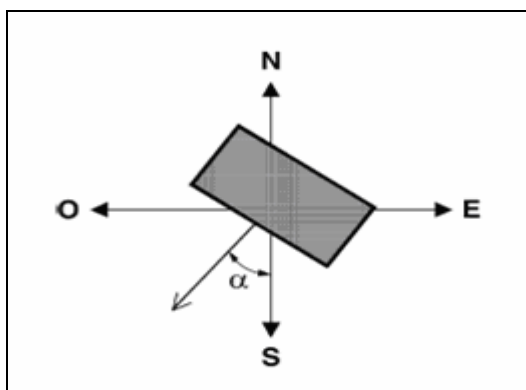
6.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

6.3.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado es determinar los límites en la orientación e inclinación de los captadores de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación: β , definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal (figura 18). Su valor es 0° para captadores horizontales y 90° para captadores verticales.
- Ángulo de azimut: α , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar (figura 19). Valores típicos son 0° para captadores orientados al Sur, -90° para captadores orientados al Este y $+90^\circ$ para captadores orientados al Oeste.

*Figura 18: Ángulo Inclinación**Figura 19: Ángulo de azimut*

6.3.2. PROCEDIMIENTO

Habiendo determinado el ángulo de azimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida. Para ello se utilizará la figura 20, válida para una latitud Φ de 41° , de la siguiente forma:

- Conocido el azimut, determinamos en la figura 20 los límites para la inclinación en el caso $\Phi = 41^\circ$. Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10%, para superposición del 20% y para integración arquitectónica del 40%. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud $\Phi = 41^\circ$ y se corrigen de acuerdo con lo que se cita a continuación.

Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación } (\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación } (\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}); \text{ siendo } 5^\circ \text{ su mínimo}$$

En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{\text{opt}})^2] \quad \text{para } \beta < 15^\circ$$

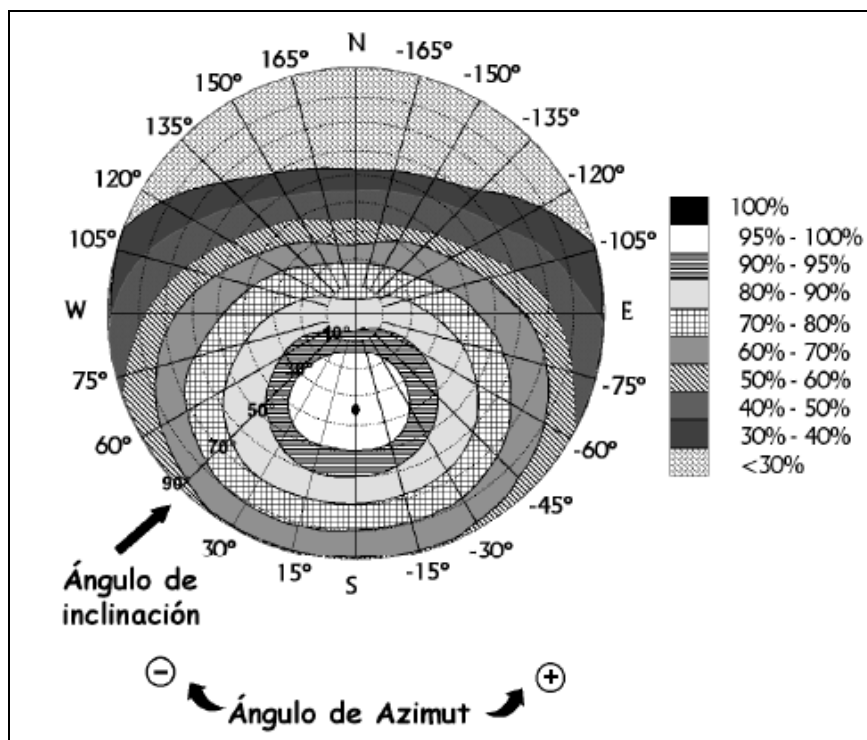


Figura 20: Porcentaje de energía respecto al máximo debido a pérdidas por orientación e inclinación

6.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE RADIACIÓN SOLAR POR LAS SOMBRAS

6.4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

6.4.2. PROCEDIMIENTO

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias aparentes del Sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Obtención del perfil de obstáculos: localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición azimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección Sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un *teodolito*.
2. Representación del perfil de obstáculos: representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 21, en el que se muestra la banda



de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2,...D14).

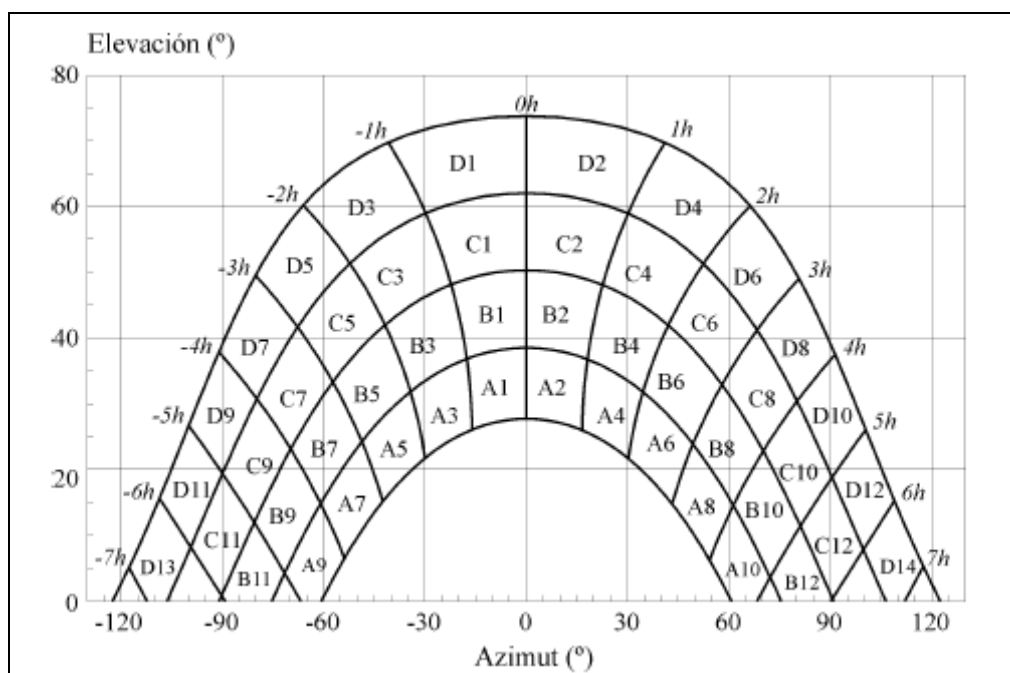


Figura 21: Diagrama de trayectorias del Sol

3. Selección de la tabla de referencia para los cálculos: cada una de las porciones de la figura 21, representa el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Deberá escogerse como referencia para el cálculo, la tabla más adecuada de entre las que se incluyen en este apartado.
4. Cálculo final: la comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del Sol, permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial, se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25; 0,50; 0,75 ó 1.



6.4.3. TABLAS DE REFERENCIA

Las tablas incluidas en esta sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Deberá escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie en estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente resultase interceptada por un obstáculo.

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Tabla 18.A

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,18
11	0,00	0,01	0,18	1,05
9	0,05	0,32	0,70	2,23
7	0,52	0,77	1,32	3,56
5	1,11	1,26	1,85	4,66
3	1,75	1,60	2,20	5,44
1	2,10	1,81	2,40	5,78
2	2,11	1,80	2,30	5,73
4	1,75	1,61	2,00	5,19
6	1,09	1,26	1,65	4,37
8	0,51	0,82	1,11	3,28
10	0,05	0,33	0,57	1,98
12	0,00	0,02	0,15	0,96
14	0,00	0,00	0,00	0,17

Tabla 18.B

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,15
11	0,00	0,01	0,02	0,15
9	0,23	0,50	0,37	0,10
7	1,66	1,06	0,93	0,78
5	2,76	1,62	1,43	1,68
3	3,83	2,00	1,77	2,36
1	4,36	2,23	1,98	2,69
2	4,40	2,23	1,91	2,66
4	3,82	2,01	1,62	2,26
6	2,68	1,62	1,30	1,58
8	1,62	1,09	0,79	0,74
10	0,19	0,49	0,32	0,10
12	0,00	0,02	0,02	0,13
14	0,00	0,00	0,00	0,13

Tabla 18.C

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,02	0,10	0,19	0,56
7	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,24	1,60	1,92	4,14
1	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,93	2,08	2,23	5,02
6	2,14	1,82	2,00	4,46
8	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,22

Tabla 18.D



$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33
11	0,06	0,01	0,15	0,51
9	0,56	0,06	0,14	0,43
7	1,80	0,04	0,07	0,31
5	3,06	0,55	0,22	0,11
3	4,14	1,16	0,87	0,67
1	4,87	1,73	1,49	1,86
2	5,20	2,15	1,88	2,79
4	5,02	2,34	2,02	3,29
6	4,46	2,28	2,05	3,36
8	3,54	1,92	1,71	2,98
10	2,26	1,19	1,19	2,12
12	1,17	0,12	0,53	1,22
14	0,22	0,00	0,00	0,24

Tabla 18.E

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,14
11	0,00	0,00	0,08	0,16
9	0,02	0,04	0,04	0,02
7	0,02	0,13	0,31	1,02
5	0,64	0,68	0,97	2,39
3	1,55	1,24	1,59	3,70
1	2,35	1,74	2,12	4,73
2	2,85	2,05	2,38	5,40
4	2,86	2,14	2,37	5,53
6	2,24	2,00	2,27	5,25
8	1,51	1,61	1,81	4,49
10	0,23	0,94	1,20	3,18
12	0,00	0,09	0,52	1,96
14	0,00	0,00	0,00	0,55

Tabla 18.F

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,43
11	0,00	0,01	0,27	0,78
9	0,09	0,21	0,33	0,76
7	0,21	0,18	0,27	0,70
5	0,10	0,11	0,21	0,52
3	0,45	0,03	0,05	0,25
1	1,73	0,80	0,62	0,55
2	2,91	1,56	1,42	2,26
4	3,59	2,13	1,97	3,60
6	3,35	2,43	2,37	4,45
8	2,67	2,35	2,28	4,65
10	0,47	1,64	1,82	3,95
12	0,00	0,19	0,97	2,93
14	0,00	0,00	0,00	1,00

Tabla 18.G

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,34	1,28	1,73	3,79
5	2,17	1,79	2,21	4,70
3	2,90	2,05	2,43	5,20
1	3,12	2,13	2,47	5,20
2	2,88	1,96	2,19	4,77
4	2,22	1,60	1,73	3,91
6	1,27	1,11	1,25	2,84
8	0,52	0,57	0,65	1,64
10	0,02	0,10	0,15	0,50
12	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,08

Tabla 18.H

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,24
11	0,00	0,05	0,60	1,28
9	0,43	1,17	1,38	2,30
7	2,42	1,82	1,98	3,15
5	3,43	2,24	2,24	3,51
3	4,12	2,29	2,18	3,38
1	4,05	2,11	1,93	2,77
2	3,45	1,71	1,41	1,81
4	2,43	1,14	0,79	0,64
6	1,24	0,54	0,20	0,11
8	0,40	0,03	0,06	0,31
10	0,01	0,06	0,12	0,39
12	0,00	0,01	0,13	0,45
14	0,00	0,00	0,00	0,27

Tabla 18.I

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,56
11	0,00	0,04	0,60	2,09
9	0,27	0,91	1,42	3,49
7	1,51	1,51	2,10	4,76
5	2,25	1,95	2,48	5,48
3	2,80	2,08	2,56	5,68
1	2,78	2,01	2,43	5,34
2	2,32	1,70	2,00	4,59
4	1,52	1,22	1,42	3,46
6	0,62	0,67	0,85	2,20
8	0,02	0,14	0,26	0,92
10	0,02	0,04	0,03	0,02
12	0,00	0,01	0,07	0,14
14	0,00	0,00	0,00	0,12

Tabla 18.J



$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	1,01
11	0,00	0,08	1,10	3,08
9	0,55	1,60	2,11	4,28
7	2,66	2,19	2,61	4,89
5	3,36	2,37	2,56	4,61
3	3,49	2,06	2,10	3,67
1	2,81	1,52	1,44	2,22
2	1,69	0,78	0,58	0,53
4	0,44	0,03	0,05	0,24
6	0,10	0,13	0,19	0,48
8	0,22	0,18	0,26	0,69
10	0,08	0,21	0,28	0,68
12	0,00	0,02	0,24	0,67
14	0,00	0,00	0,00	0,36

Tabla 18.K

6.5. CONDICIONES DE MONTAJE

6.5.1. GENERALIDADES

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en el caso.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.



Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

6.5.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanquidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.



Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al Sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

6.5.3. MONTAJE DE ACUMULADOR

La estructura soporte para depósitos y su fijación, se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 litros situados en cubiertas o pisos, deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso, tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 litros el diseño de un profesional competente.

6.5.4. MONTAJE DE INTERCAMBIADOR

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación del mismo.

6.5.5. MONTAJE DE BOMBA

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de dichas bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).



Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

6.5.6. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanquidad, etc., se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector, no debe ser inferior a las siguientes:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.



No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables por bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1%.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 20, para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirá ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos, el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería, se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán, en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas, el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido, deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.



En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

6.5.7. MONTAJE DE AISLAMIENTO

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre él mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones, se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

6.5.8. MONTAJE DE CONTADORES

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema (“by-pass” o carrete de tubería) que permita el funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, diez veces el diámetro de la tubería antes del contador y cinco veces después.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.



6.5.9. MONTAJE DE INSTALACIONES POR CIRCULACIÓN NATURAL

Los cambios de dirección en el circuito primario se realizarán con curvas de un radio mínimo de tres veces el diámetro del tubo.

Se cuidará de mantener rigurosamente la sección interior de paso de las tuberías, evitando aplastamientos durante el montaje.

Se permitirá reducir el aislamiento de la tubería de retorno, para facilitar el efecto termosifón.

6.6. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

6.6.1. GENERALIDADES

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie útil homologada inferior o igual a 20 m², y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m².

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100%, son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores: esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, deberá ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso, entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores: en este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento, las visitas a realizar para el vaciado parcial / tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento, un programa de seguimiento de la



instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

6.6.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

- Objeto -

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

- Criterios generales -

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma. Son los siguientes:

Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la tabla 19.

	<i>Operación</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción (*)</i>
Captadores	Limpieza	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3 meses	IV - Condensaciones, sustitución.
	Juntas	3 meses	IV - Agrietamiento y deformaciones.
	Absorbedor	3 meses	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3 meses	IV - Fugas.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Tratamiento anti-legionella	12 meses	Aplicación procedimiento de desinfección con cloro o térmico recogido en el Anexo 3 del RD 909/2001.
	Tubería y aislamiento	6 meses	IV - Ausencia de humedad y fugas.

(*) IV: Inspección visual.

Tabla 19: Plan de vigilancia



Plan de mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

En las tablas 20.A, 20.B, 20.C, 20.D, 20.E y 20.F, se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descriptores en relación con las prevenciones a observar.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6 meses	IV - Diferencias sobre original.
		IV - Diferencias entre captadores.
Cristales	6 meses	IV - Condensaciones y suciedad.
Juntas de degradación	6 meses	IV - Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6 meses	IV - Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6 meses	IV - Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6 meses	IV - Aparición de fugas.
Estructura	6 meses	IV - Degradación, indicios de corrosión; apriete de tornillos.

Tabla 20.A

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción</i>
Depósito	24 meses	Presencia de lodos en fondo.
Ánodos de sacrificio	12 meses	Comprobación del desgaste.
Aislamiento	12 meses	Comprobar que no hay humedad.

Tabla 20.B



<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción (*)</i>
Intercambiador de placas	12 meses	CF - Eficiencia y prestaciones.
	60 meses	Limpieza.
Intercambiador de serpentín	12 meses	CF - Eficiencia y prestaciones.
	60 meses	Limpieza.

(*) CF: Control de funcionamiento.

Tabla 20.C

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12 meses	Comprobar su densidad y pH.
Estanquidad	24 meses	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento exterior	6 meses	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento interior	12 meses	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12 meses	CF y limpieza.
Purgador manual	6 meses	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12 meses	Estanquidad.
Vaso de expansión cerrado	6 meses	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6 meses	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6 meses	CF - Actuación.
Válvula de corte	12 meses	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12 meses	CF - Actuación.

Tabla 20.D

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción</i>
Cuadro eléctrico	12 meses	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12 meses	CF - Actuación.
Termostato	12 meses	CF - Actuación.

Tabla 20.E

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Descripción</i>
Sistema auxiliar	12 meses	CF - Actuación.
Sondas de temperatura	12 meses	CF - Actuación.

Tabla 20.F



Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas.

Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

Plan de mantenimiento correctivo

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de *Garantías*, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

6.6.3. GARANTÍAS

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.



Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiera incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará de la misma forma al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante, por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas en la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.



6.7. NORMATIVA VIGENTE SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

6.7.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Estatuto de los trabajadores.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Vigente el artículo 24 y el capítulo VII del título II.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión aprobado por el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto.
- Real Decreto 1316/1989 de 27 de octubre. Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 1407/92 de 20 de noviembre sobre regulación de las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de equipos de protección individual. Modificado por RD 159/1995 de 3 de febrero y la Orden 20/02/97.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997 de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/97 sobre equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Reglamento de régimen interno de la empresa constructora, caso de existir y que no se oponga a ninguna de las disposiciones citadas anteriormente.



6.7.2. RIESGOS GENERALES QUE SE PUEDEN DERIVAR DEL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Los riesgos generales derivados de la instalación de este proyecto.

- Riesgos debidos al entorno -

Teniendo en cuenta que los operarios transitan por zonas en construcción, se encuentran expuestos a los mismos riesgos debidos al entorno que el resto de los operarios de la obra, siendo de señalar los siguientes:

- Atrapamiento y aplastamiento en manos durante el transporte de andamios.
- Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.
- Caídas de operarios al vacío.
- Caída de herramientas, operarios y materiales transportados a nivel y niveles inferiores.
- Caída de materiales de cerramiento por mala colocación de los mismos.
- Caída de andamios.
- Desplome y hundimiento de forjados.
- Electrocuciones o contactos eléctricos, directos e indirectos, con instalaciones eléctricas de la obra.
- Incendios o explosiones por almacenamiento de productos combustibles.
- Irritaciones o intoxicaciones en piel, ojos, aparato respiratorio, etc.
- Lesiones, pinchazos y cortes en manos y pies.
- Salpicaduras a los ojos de pastas y morteros.

- Riesgos debidos a la instalación de Energía Solar Térmica -

Los trabajos que se realizan en el interior son:

- Tendido de tuberías y su fijación.
- Realización de rozas para las tuberías.



Estos trabajos se realizan durante la fase de cerramiento y albañilería de la obra, siendo los riesgos específicos de la actividad a realizar los siguientes:

- Caídas de escaleras o andamios de borriquetas.
- Proyección de partículas al cortar materiales.
- Electrocuciones o contactos eléctricos, directos e indirectos, con pequeña herramienta.
- Golpes o cortes con herramientas.
- Lesiones, pinchazos y cortes en manos.

6.7.3. MEDIDAS ALTERNATIVAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, podrá determinar medidas de prevención y protección complementarias cuando aparezcan elementos o situaciones atípicas, que así lo requieran.

- Condiciones de los Medios de Protección -

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término, y su uso nunca representará un riesgo en sí mismo.

Serán desechadas y repuestas de inmediato todas las prendas o equipos de protección:

- Cuando, por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una prenda o equipo, se repondrá inmediatamente, con independencia de la duración prevista o de la fecha de entrega.
- Cuando hayan sufrido un trato límite, es decir el máximo para el que fue concebido (por ejemplo por un accidente).
- Cuando, por su uso, hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante.

- Protecciones Personales -

Todos los elementos de protección personal deberán de:

- Cumplir el RD 773/97.



- Disponer de la marca CE.
- Ajustarse a las Normas de Homologación MT, del Ministerio de Trabajo (O.M 17/05/74) B.O.E 29/05/74.

Cuando no exista Norma de Homologación publicada para un producto o prenda, ésta será de la calidad adecuada a las prestaciones para las cuales ha sido diseñada.

- Protecciones Colectivas -

Las generales de aplicación a la obra de edificación serán enumeradas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud de la obra.

- Protecciones Particulares -

El material específico para esta instalación, con independencia de que sea aportado por la obra general, o por el Contratista, deberán satisfacer las siguientes condiciones:

1. Plataformas de trabajo: tendrán como mínimo 60 cm de ancho, y las situadas a más de 200 cm del suelo estarán dotadas de barandillas a 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié.
2. Escaleras de mano:
 - Deberán ir provistas de zapatas antideslizantes, estarán sujetas para evitar su caída.
 - Deberán sobrepasar en un metro la altura a salvar y no superar los 3 metros de altura.
 - La separación entre la pared y la base debe ser igual a $\frac{1}{4}$ de la altura total.
 - En caso de ser de tijera deben tener zapatas antideslizantes y tirantes.
 - Si son de madera deberán estar compuestas de largueros de una sola pieza y con peldaños ensamblados (nunca clavados).
3. Andamios de borriquetas: tendrán una altura máxima de 1,5 metros y la plataforma de trabajo estará compuesta por tres tablones perfectamente unidos entre sí, habiéndose comprobado previo a su ensamblaje, que no contengan clavos y se hallen en buenas condiciones. La distancia entre los apoyos no debe sobrepasar los 3,5 metros.

**- Servicios de Prevención -**

Serán los generales de la obra sin que sea necesario establecer ninguno específico para la obra de instalación de la Energía Solar Térmica.

- Comité de Seguridad e Higiene -

Será el de la obra sin que sea necesario establecer ninguno específico para la obra de instalación de la Energía Solar Térmica.

- Instalaciones Médicas -

Serán las generales de la obra sin que sea necesario establecer ninguna específica para la obra de instalación de la Energía Solar Térmica.

- Instalaciones de Higiene y Bienestar -

Serán las generales de la obra sin que sea necesario establecer ninguna específica para la obra de instalación de la Energía Solar Térmica.

- Plan de Seguridad e Higiene -

Será el general de la obra al cual se incorporará este estudio específico de la instalación de Energía Solar Térmica.



CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

A continuación, y de manera detallada, se muestran los distintos presupuestos parciales (en euros) para cada sección de la instalación. La suma de todos los presupuestos parciales, dará como resultado el presupuesto total para la instalación de Energía Solar Térmica, la cual llevamos a cabo en este proyecto.

7.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

Descripción	Medición	Precio	Importe
Captador Solar: Captador solar plano de dimensiones 1937x1022x115 mm, paso de vacío 36,3Kg, drenaje de ventilación diametro 4mm, medida de racores 3/4"	10	1.000,00	10.000,00
Estructura para Captadores Solares. Suministro y montaje. Conjunto de sujeción y montaje vertical de captadores mediante superposición de módulos.	2	700,00	1.400,00
TOTAL PRESUPUESTO SISTEMA DE CAPTACIÓN			11.400,00

7.2. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Descripción	Medición	Precio	Importe
Depósito acumulador de A.C.S. , de 1000 litros de capacidad, en acero con revestimiento epoxídico de calidad alimentaria; con serpentín interior de acero inoxidable, con equipo de protección catódica mediante ánodos permanentes. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha.	1	1.200,00	1.200,00
TOTAL PRESUPUESTO SISTEMA DE ACUMULACIÓN			1.200,00

7.3. SISTEMA DE CONTROL

Descripción	Medición	Precio	Importe
Automatismo de control. Centralita de control con dispositivos visibles de funcionamiento; con display de visualización de sondas de temperatura	1	750,00	750,00
TOTAL PRESUPUESTO SISTEMA DE CONTROL			750,00



7.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Descripción	Medición	Precio	Importe
Cuadro eléctrico constituido por armario metálico, elementos de protección, contactores, conmutadores y cableado general, según normativa vigente. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha.	1	700,00	700,00
TOTAL PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA			700,00

7.5. SISTEMA DE CIRCULACIÓN

Descripción	Medición	Precio	Importe
Circulador para circuito solar, para temperaturas de trabajo de 110°C con las siguientes características: Caudal: 3.600 l/h ; Tensión: 220 Vca	1	610,27	610,27
Vaso de expansión de membrana sin compresor, válvula de seguridad con embudo de desagüe de salida, hidrómetro, incluidas piezas y accesorios de montaje e instalación. Totalmente montado y acabado 25 litros	1	128,00	128,00
Tubería de cobre de 28 mm de diámetro, incluso p.p. de codos manguitos y demás accesorios, totalmente instalada.	70	17,13	1.199,10
Tubería de cobre de 35 mm de diámetro, incluso p.p. de codos manguitos y demás accesorios, totalmente instalada.	0	17,13	0,00
Tubería de cobre de 42 mm de diámetro, incluso p.p. de codos manguitos y demás accesorios, totalmente instalada.	0	17,13	0,00
Llave de esfera de latón especial s/DIN 17660, de 1/2" de diámetro, totalmente instalada.	7	21,02	147,14
Llave de esfera de latón especial s/DIN 17660, de 3/4" de diámetro, totalmente instalada.	10	11,05	110,50
Válvula Antirretorno de Clapeta 2"	5	36,80	184,00
Valvula de Seguridad de 6 bar x 3/4"	6	16,81	100,86
TOTAL PRESUPUESTO SISTEMA DE CIRCULACIÓN			2.479,87



7.6. MATERIAL AISLANTE

Descripción	Medición	Precio	Importe
Suministro y montaje de aislamiento de coquilla de espuma elastomérica, para tuberías de agua caliente ,con factor de resistencia a la difusión del vapor de agua superior a 7000, según la IT.IC.19, incluyendo p.p. de accesorios, para tubería, DN-28	70	9,04	632,8
Suministro y montaje de aislamiento de coquilla de espuma elastomérica, para tuberías de agua caliente ,con factor de resistencia a la difusión del vapor de agua superior a 7000, según la IT.IC.19, incluyendo p.p. de accesorios, para tubería, DN-35	0	9,04	0
Suministro y montaje de aislamiento de coquilla de espuma elastomérica, para tuberías de agua caliente ,con factor de resistencia a la difusión del vapor de agua superior a 7000, según la IT.IC.19, incluyendo p.p. de accesorios, para tubería, DN-42	0	9,04	0
TOTAL PRESUPUESTO MATERIAL AISLANTE			632,80

7.7. PRESUPUESTO TOTAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL			
SISTEMA DE CAPTACIÓN			11.400,00
SISTEMA DE ACUMULACIÓN			1.200,00
SISTEMA DE CONTROL			750,00
INSTALACIÓN ELÉCTRICA			700,00
SISTEMA DE CIRCULACIÓN			2.479,87
MATERIAL AISLANTE			632,80
TOTAL			17.162,67

El Presupuesto de Ejecución de Material asciende a la expresada cantidad de DIECISIETE MIL CIENTO SESENTA Y DOS CON SESENTA Y SIETE EUROS.

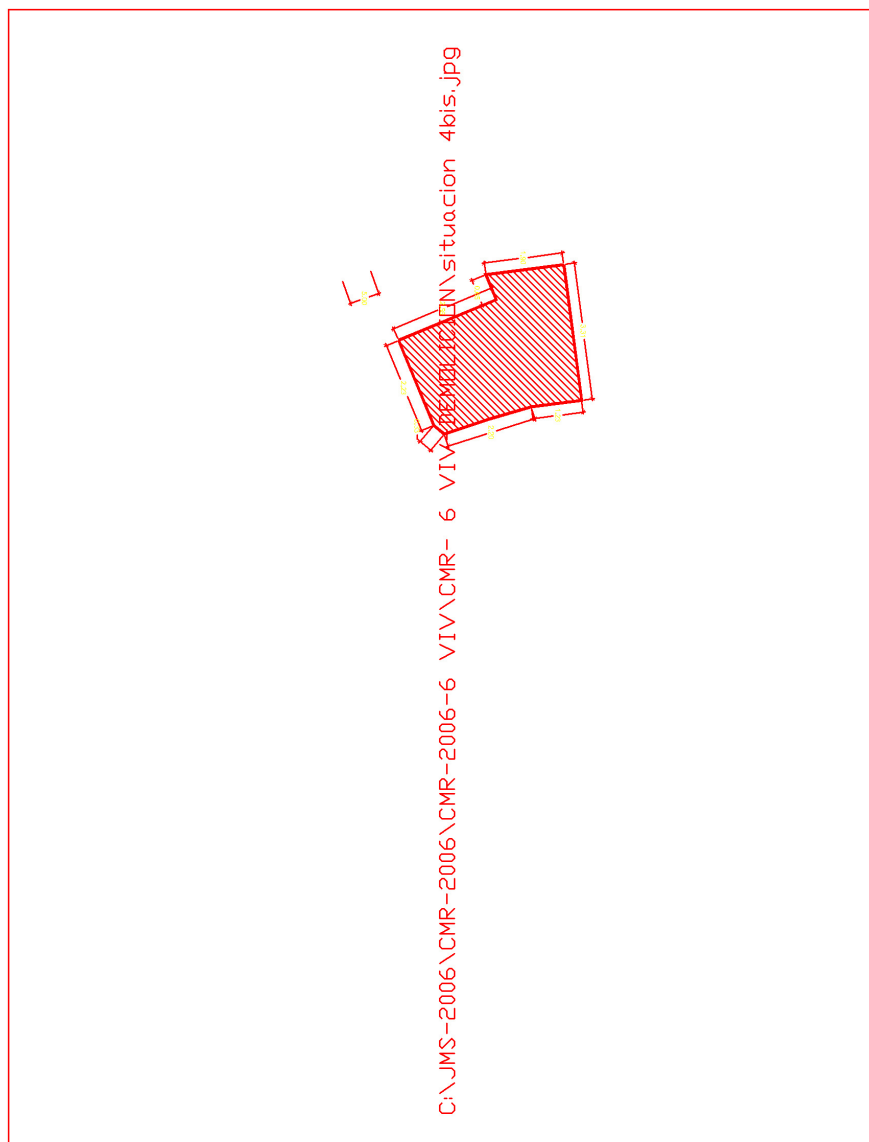


BIBLIOGRAFÍA

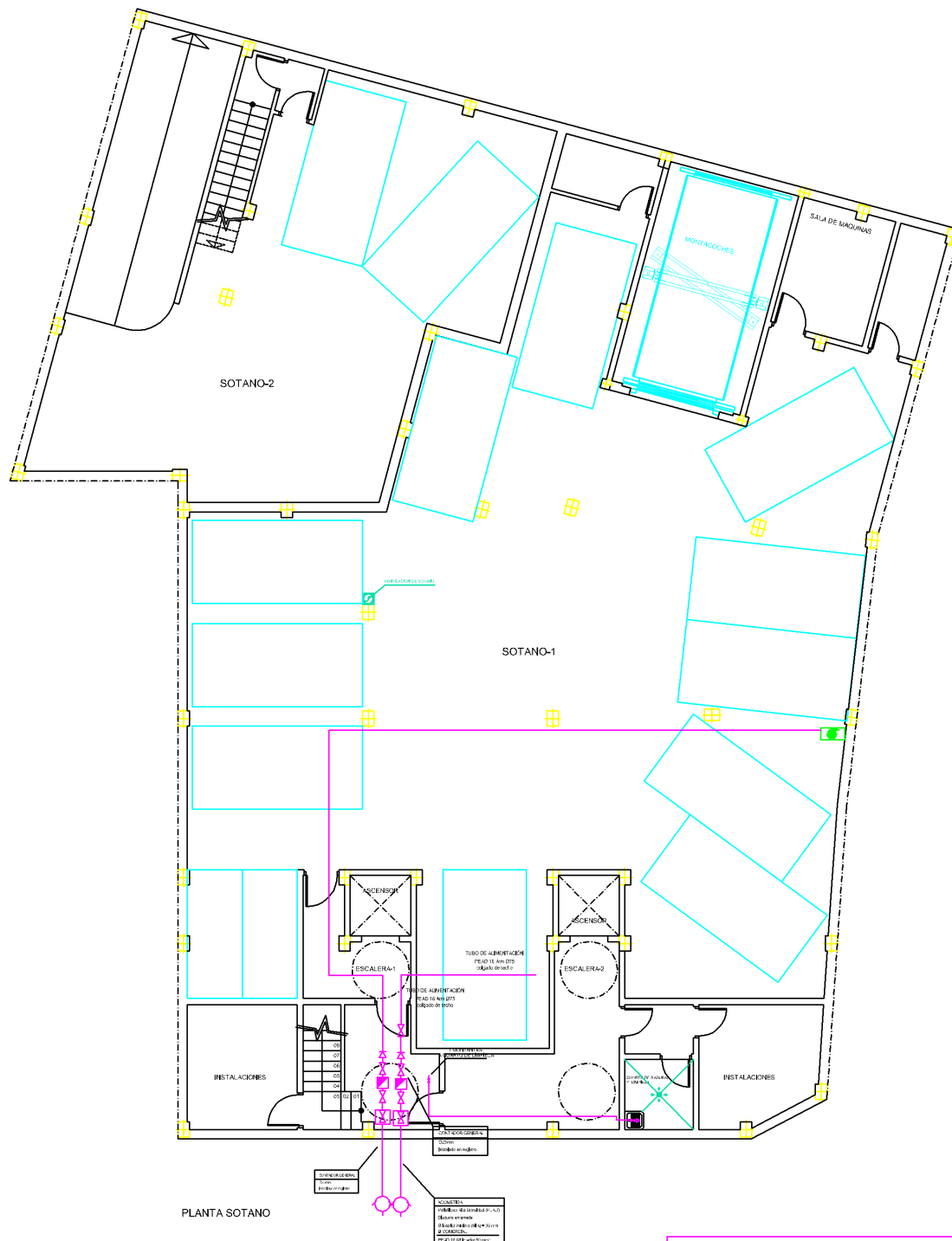
- “Fundamentos de transferencia de calor”, Frank P. Incropera, David P. DeWitt
- PFC “Instalación Solar Térmica para producción de ACS en edificio de viviendas en Salamanca”, Zaida Salamanca Félix
- PFC “Diseño de una Instalación Solar Térmica Multipropósito para un edificio de viviendas en Zaragoza”, Jesús García Domínguez
- Código Técnico de la Edificación
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)
- Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 1.01, “Preparación de agua caliente para usos sanitarios”
- Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 8.03, “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria”
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura
- “Manual Técnico de Energía Solar”, Salvador Escoda
- www.solarweb.net
- www.carm.es, “Boletín Oficial de la Región de Murcia”
- www.censolar.es
- www.codigotecnico.org
- “Norma Básica NBE-CT-79” sobre Condiciones Térmicas en los Edificios
- www.grupoceasa.es, Presupuesto de la Instalación



ANEXO: PLANOS

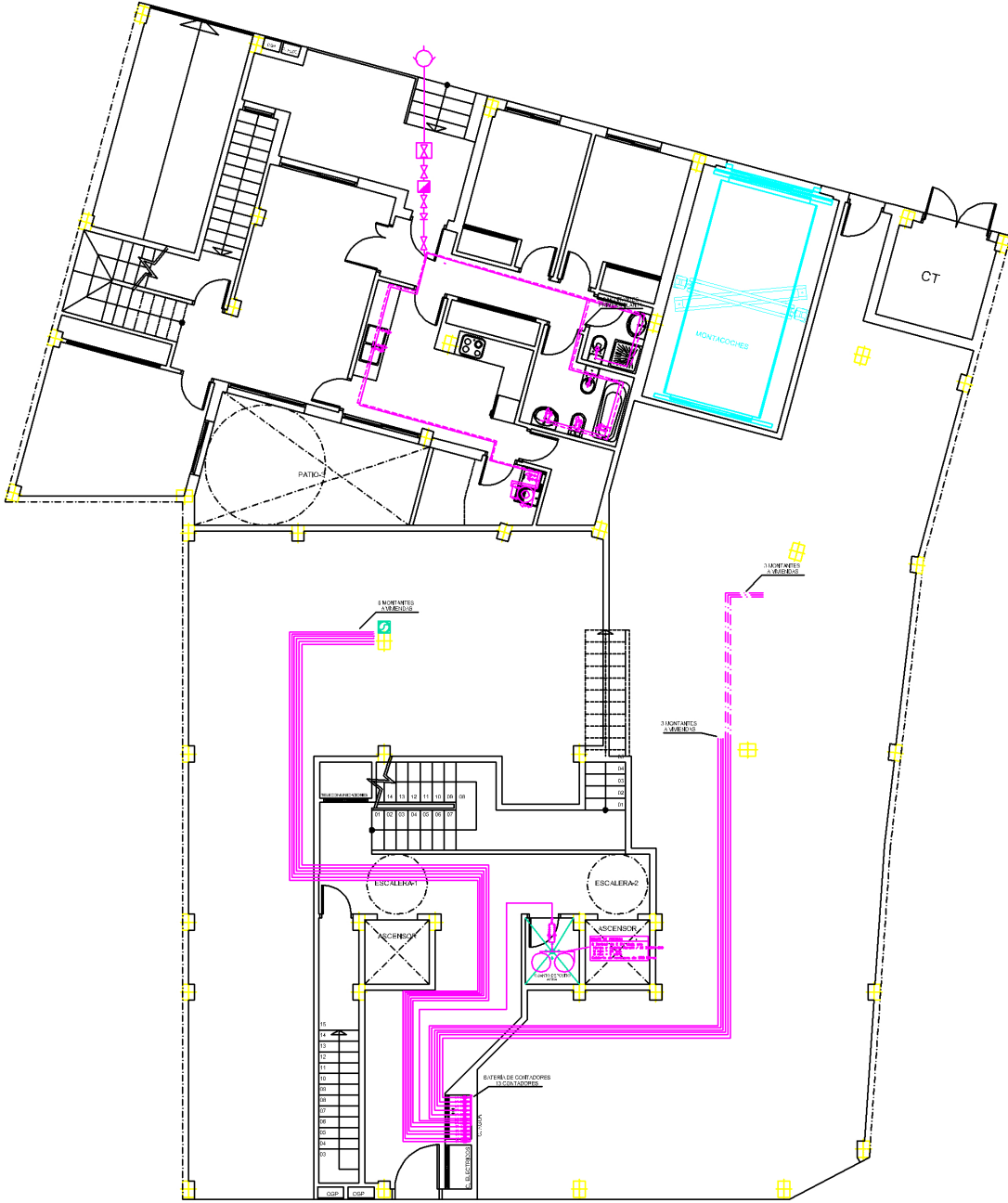


<p>PROYECTO FIN DE CARRERA</p> <p>PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS</p>		
<p>LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)</p>		
<p>PLANO DE:</p> <p>SITUACIÓN</p>		<p>Plano nº E0</p>
<p>JUAN LLORENTE CASTELO</p>		<p>Escala: 1/50</p> <p>Fecha: 11/06/2012</p>



LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELÉCTRICO
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	LLAVE DE PISO
	GRIFO AGUA CALIENTE
	GRIFO AGUA FRÍA
	LLAVE REGISTRO

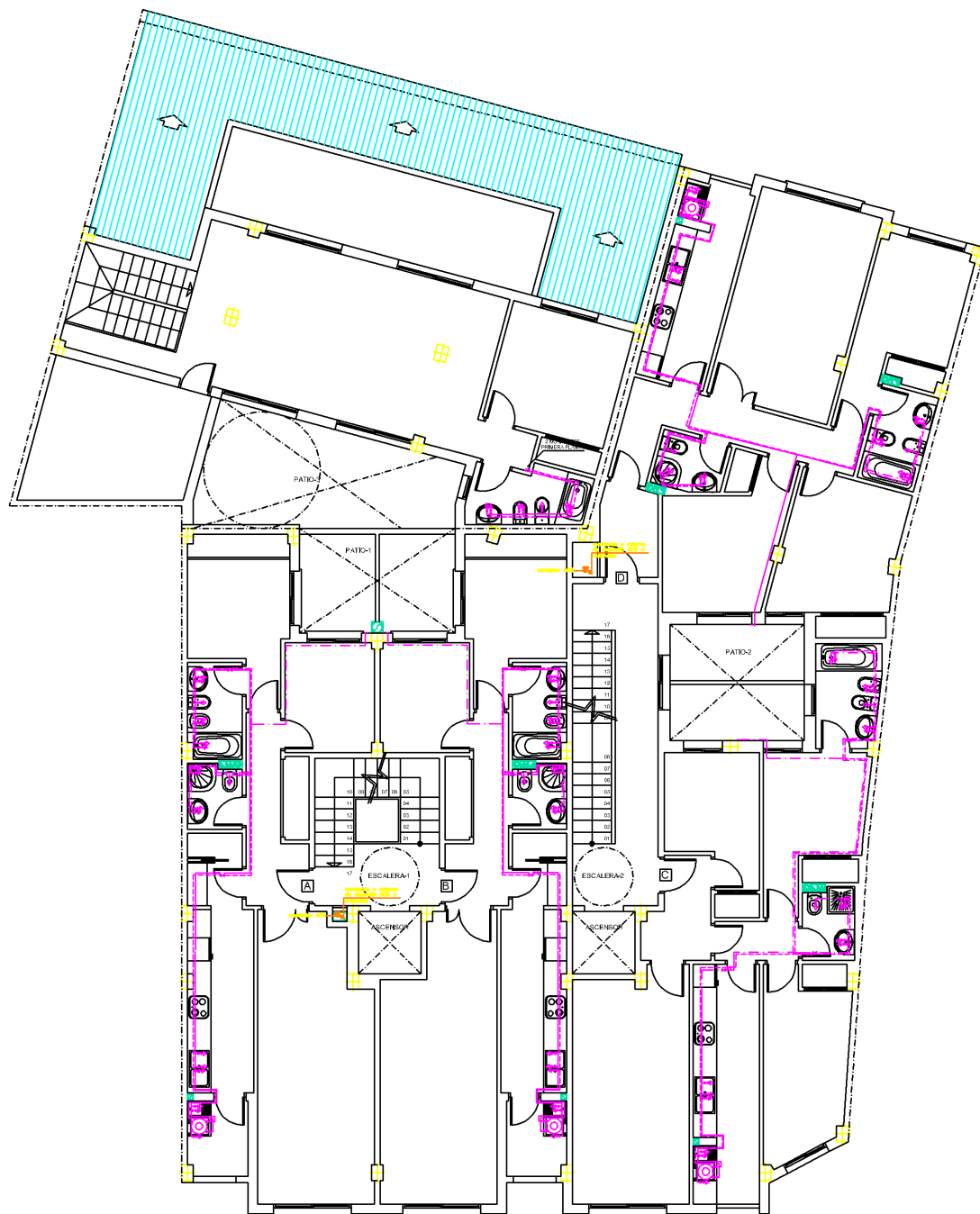
PROYECTO FIN DE CARRERA PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS	
LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)	
PLANO DE: PLANTA SOTANO	Plano nº E01
JUAN LLORENTE CASTELO	Escala 1/50 Fecha JUNIO, 2012



PLANTA BAJA

LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELÉCTRICO
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	LLAVE DE PASO AGUA CALIENTE
	LLAVE DE PASO AGUA FRÍA
	LLAVE REGISTRO AGUA CALIENTE
	LLAVE REGISTRO AGUA FRÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA	
PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS	
LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)	
PLANO DE:	Plano nº
PLANTA BAJA	E02
JUAN LLORENTE CASTELO	
Escala 1/50	
Fecha 20/05/2012	



PLANTA PRIMERA

LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELÉCTRICO
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	LLAVE DE PASO
	GRIFO AGUA CALIENTE
	GRIFO AGUA FRÍA
	LLAVE REGISTRO

PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)

PLANO DE:

PLANTA PRIMERA

JUAN LLORENTE CASTELO

Plano nº

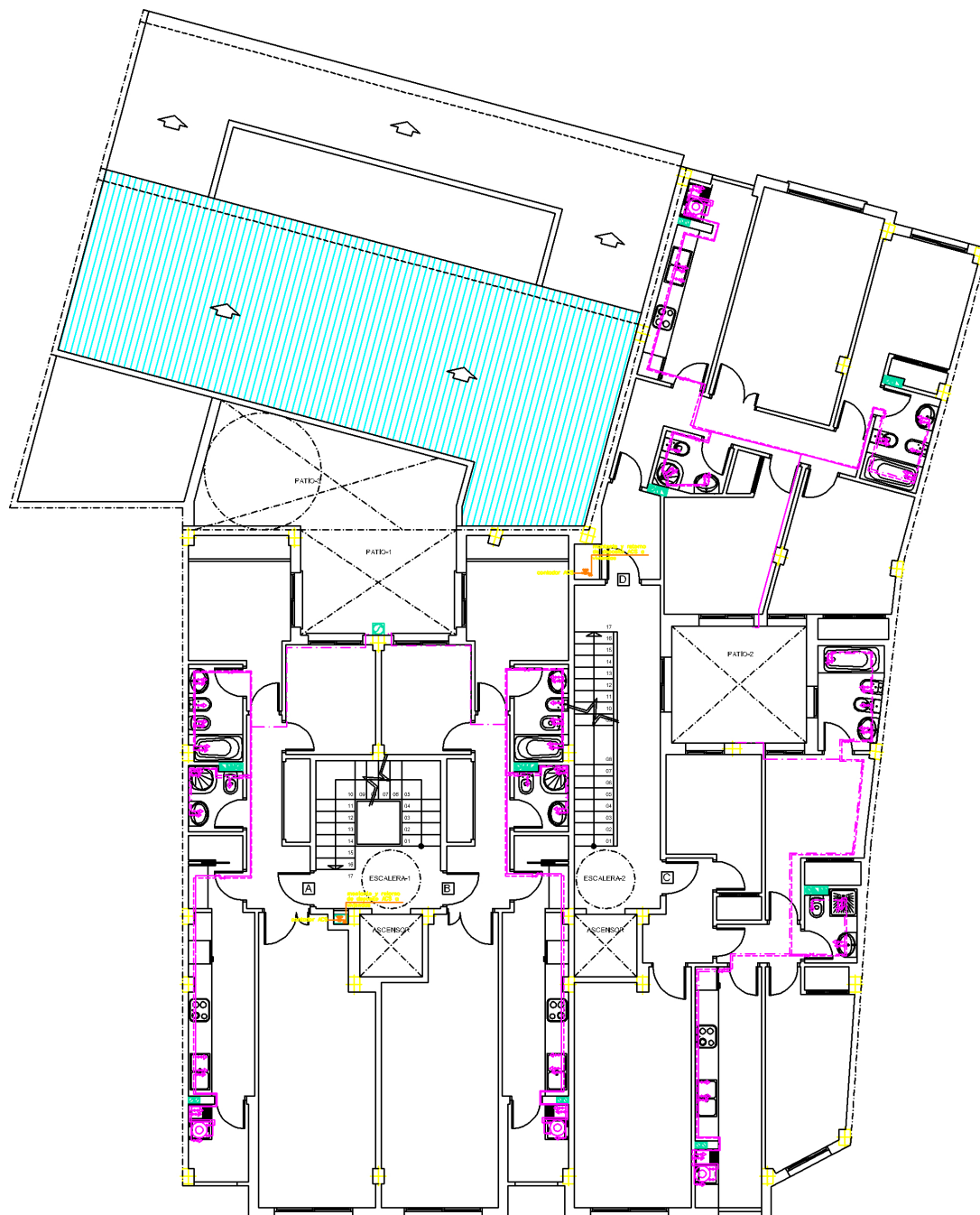
E03

Escala

1/50

Fecha

JUNIO 2012



PLANTA SEGUNDA

LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELÉCTRICO
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	LLAVE DE PASO
	GRIFO AGUA CALIENTE
	GRIFO AGUA FRÍA
	LLAVE REGISTRO

PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)

PLANO DE:

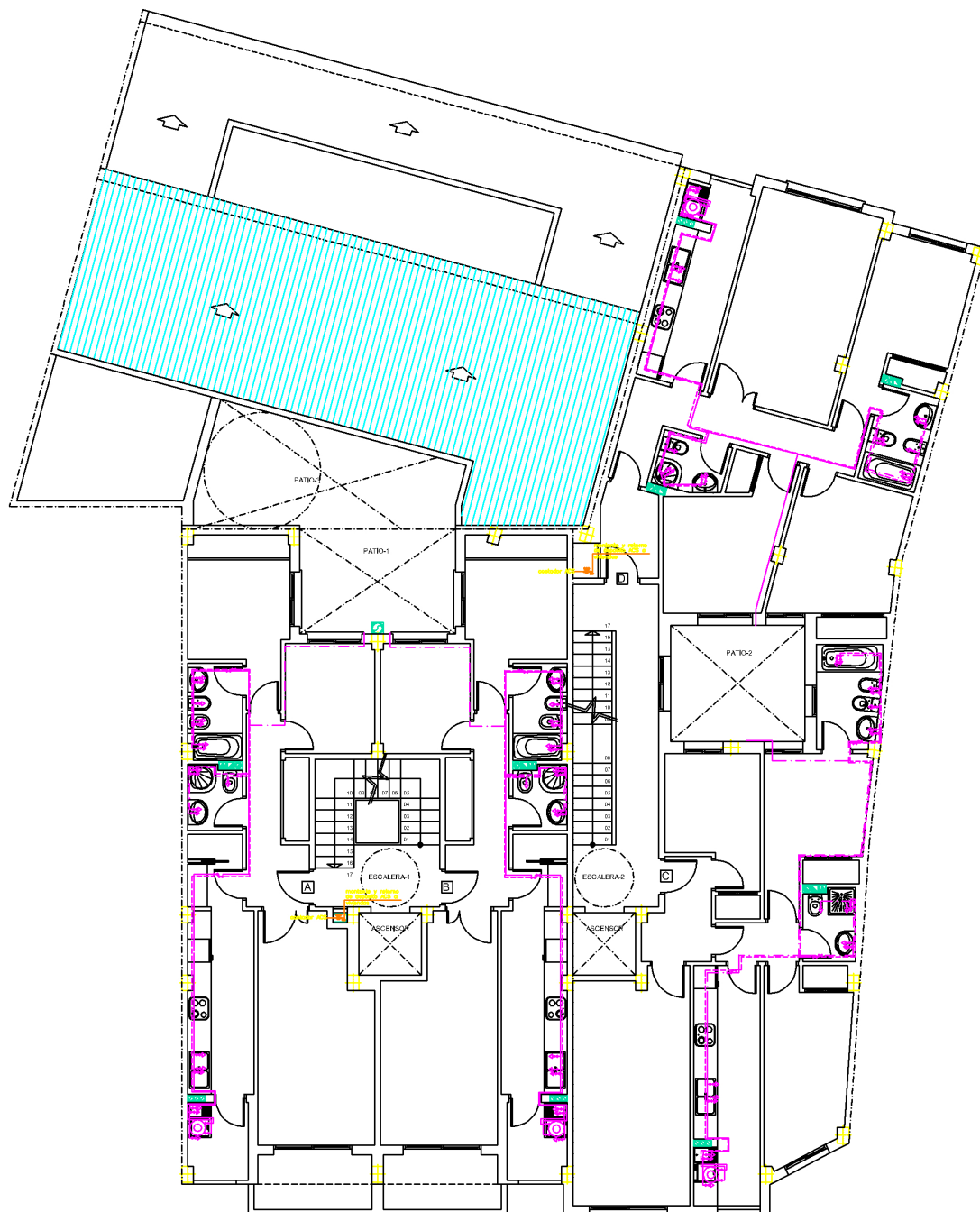
PLANTA SEGUNDA

JUAN LLORENTE CASTELO

Plano nº **E04**

Escala: 1/50

Fecha: 20/03/2012



PLANTA TERCERA

LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELÉCTRICO
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	LLAVE DE PASO
	GRIFO AGUA CALIENTE
	GRIFO AGUA FRÍA
	LLAVE REGISTRO

PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)

PLANO DE:

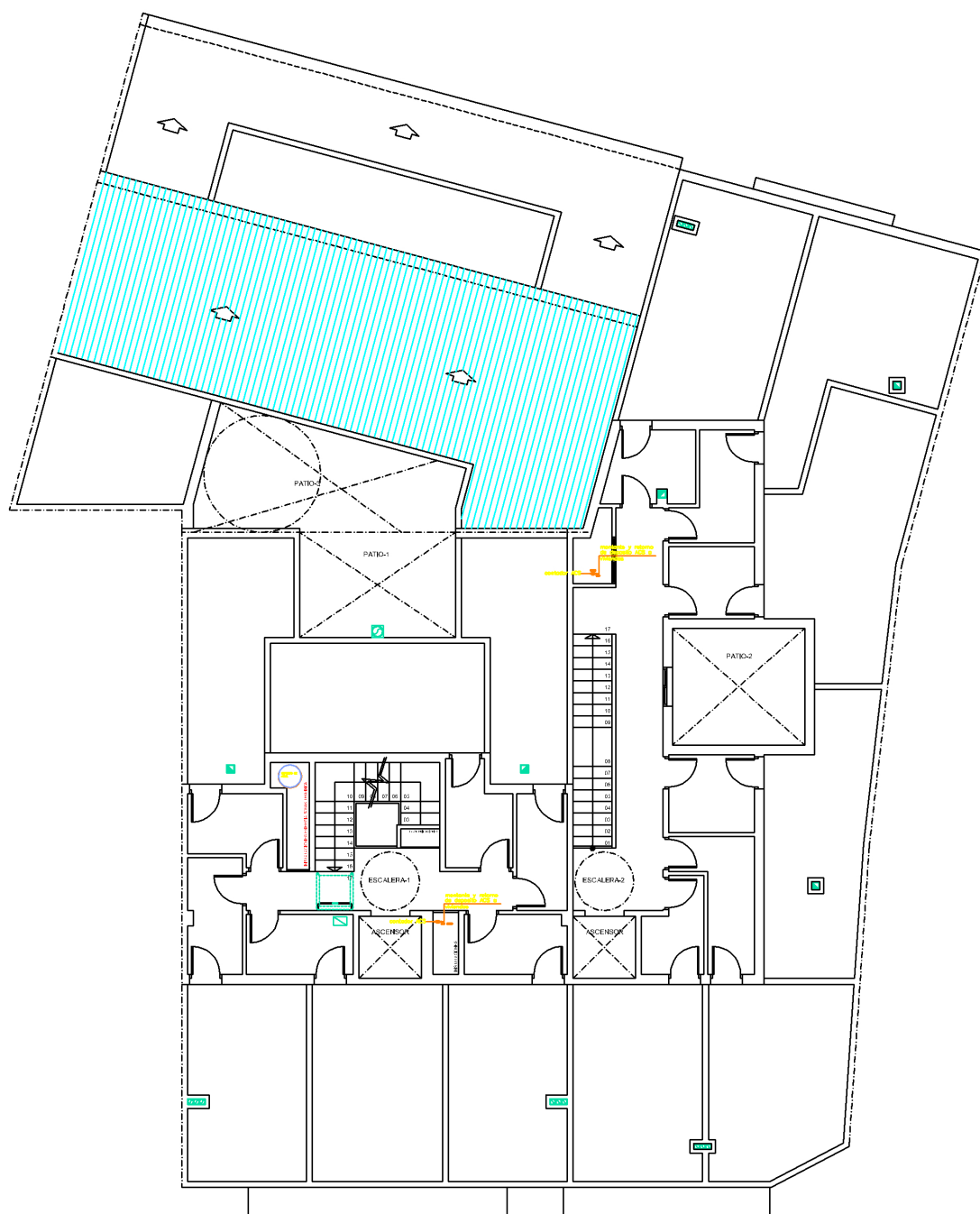
PLANTA TERCERA

Plano nº **E05**





Escala 1/50

Fecha JUNIO 2012

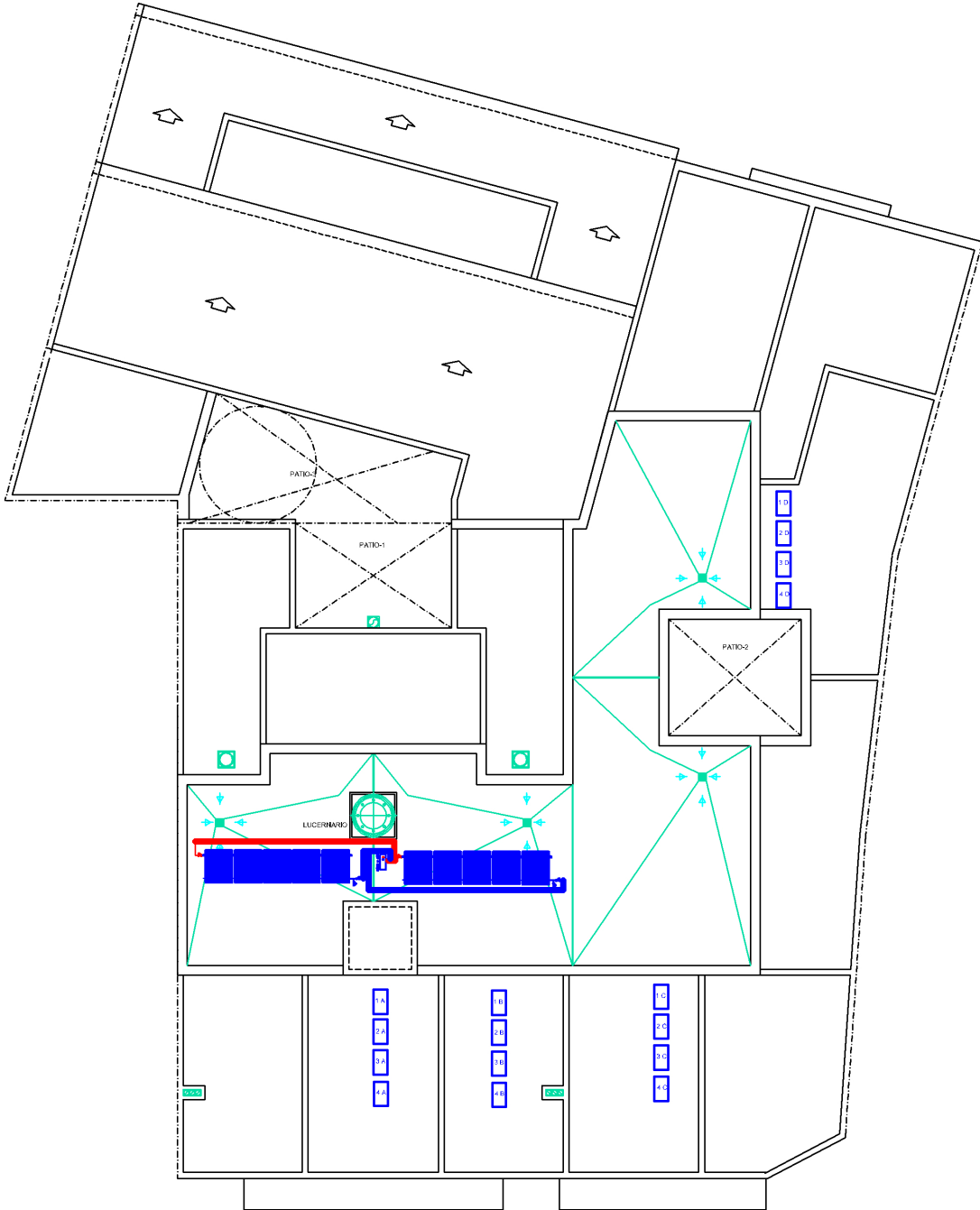
JUAN LLORENTE CASTELO



PLANTA TRASTEROS

LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELECTRICO
	TUBERIA AGUA CALIENTE
	TUBERIA AGUA FRIA
	LLAVE DE PASO
	GRIFO AGUA CALIENTE
	GRIFO AGUA FRIA
	LLAVE REGISTRO

<p>PROYECTO FIN DE CARRERA</p> <p>PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS</p>	
<p>LOCALIZACIÓN: ALICANTARILLA (MURCIA)</p>	
<p>PLANO DE:</p> <p>PLANTA TRASTEROS</p>	<p>Plano nº E06</p> <p>Escala 1/50</p> <p>Fecha JUNIO 2012</p>
<p>JUAN LLORENTE CASTELO</p>	



PLANTA CUBIERTA

PLACAS SOLARES

1. orientación sur para mejor aprovechamiento
2. inclinación de 45°
3. tamaño de placa: (según proyecto de E.S.T.)
4. distancia mín. entre dos placas: 2h para evitar sombras
distancia mín. desde obstáculos menos Shunt, Ventilación
de escape: 2h de obstrucción
5. colocación de placas sobre estructura elevada del suelo



LEYENDA DE INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	
	CALENTADOR ELÉCTRICO
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	LLAVE DE PASO
	GRIFO AGUA CALIENTE
	GRIFO AGUA FRÍA
	LLAVE REGISTRO

PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA
PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)

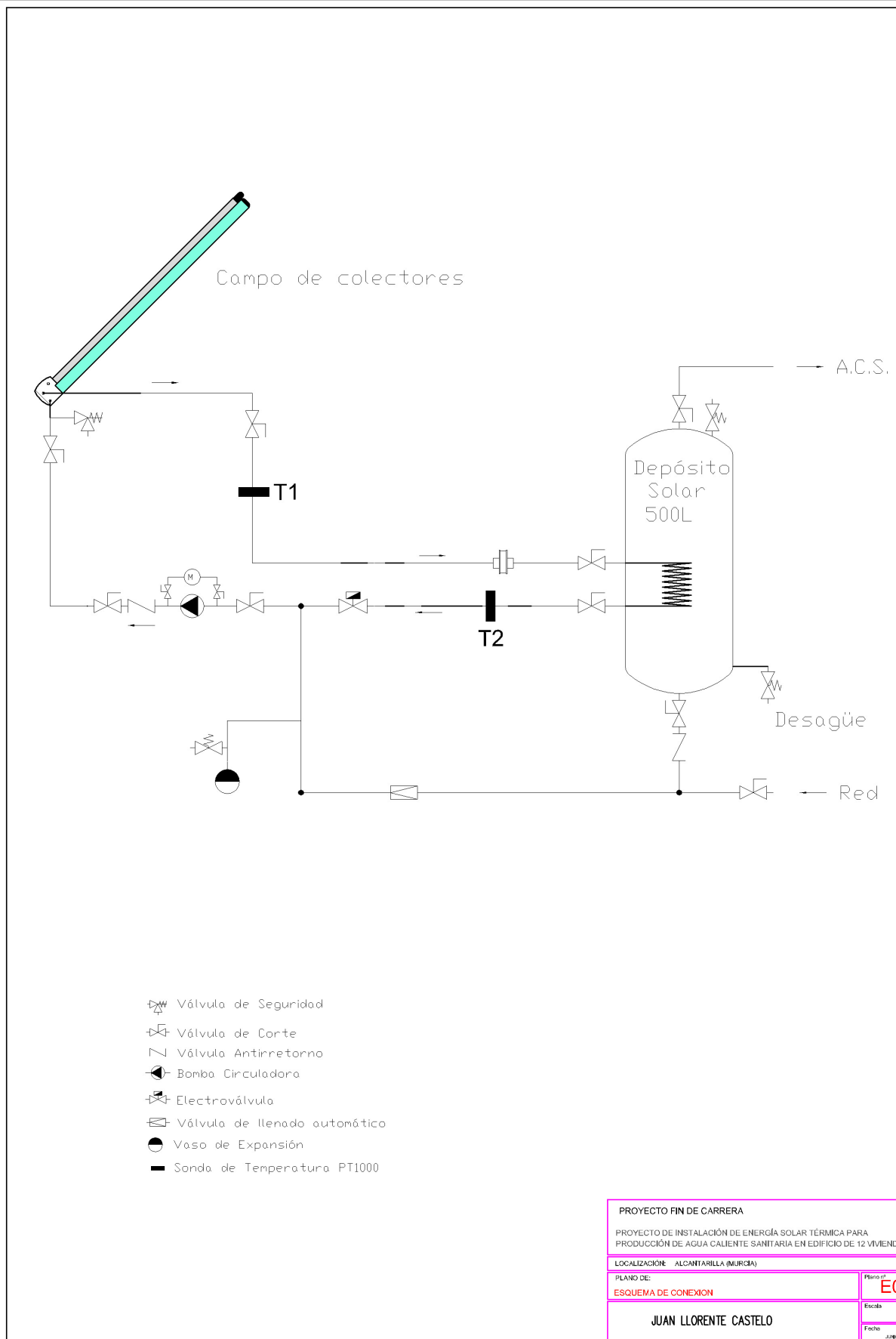
PLANO DE:
PLANTA CUBIERTA

JUAN LLORENTE CASTELO

Plano nº
E07

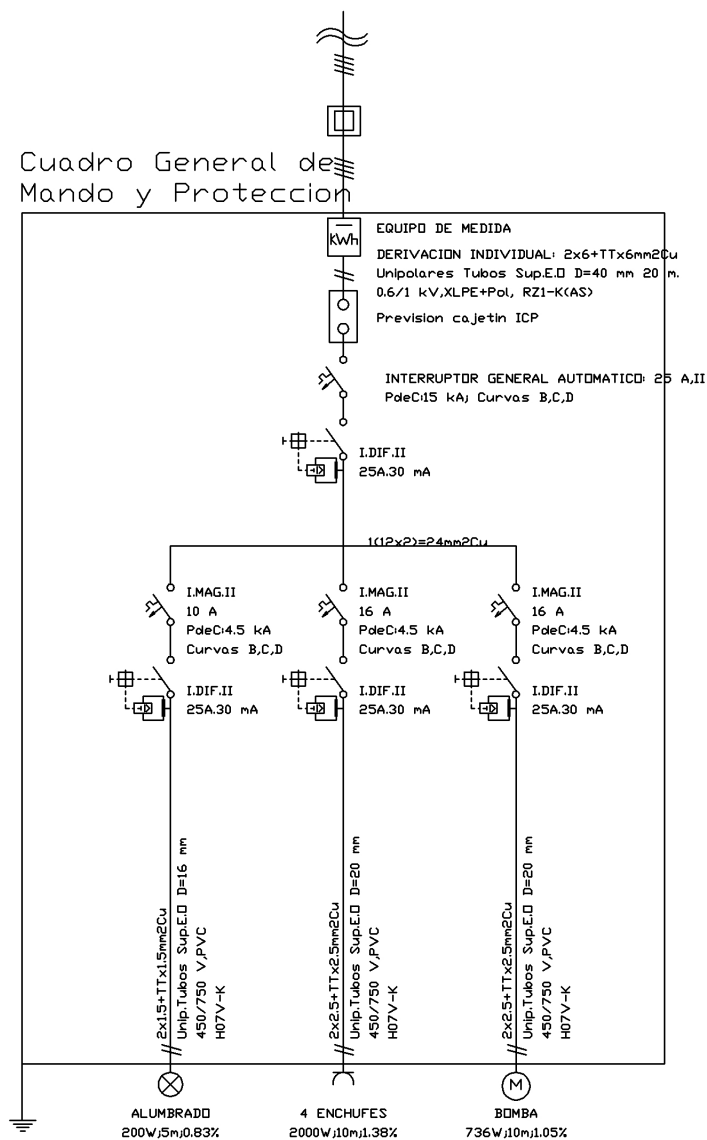
Escala
1/50

Fecha
junio 2012





Cuadro General de Mando y Protección



PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO DE INSTALACION DE ENERGIA SOLAR TÉRMICA PARA
PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EDIFICIO DE 12 VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN: ALCANTARILLA (MURCIA)

PLANO DE:

ESQUEMA DE ELECTRICO

Plano nº
E09

JUAN LLORENTE CASTELO

Escala
1/50Fecha
JUNIO 2012

